T. C.
Nafıa Vekâleti Neşriyatı:
Seri : 6
Sayı : 3

GALIP ÇAYSAR.

JEOTEKNİK

Tatbikattan Alınmış Müteaddit Misallerle Bezenmiştir.

Fennin Bugünkü Durumuna Göre Telif Edilmiştir

Yazanlar :

Dr. İng.
F. KANN +
Braunschweig Y. Mühendis Mektebi Sabık Doçenti
ve
Demiryollar İnşaat Dairesi Mütehassısı

Dipl. İng.
A. RATİP SUMAN
Nafıa Vekâleti Su İşleri Reisliği
Fen Heyeti Müdürü

ANKARA
ULUSAL MATBAA
1 9 4 1

T. C.
Nafia Vekâleti Neşriyatı
Seri : 6
Sayı : 3

JEOTEKNİK

Tatbikattan Alınmış Müteaddit Misallerle Bezenmiştir.

Fennin Bugünkü Durumuna Göre Telif Edilmiştir

Yazanlar :

Dr. İng.
F. KANN +
Braunschweig Y. Mühendis Mektebi Sabık Doçenti
ve
Demiryollar İnşaat Dairesi Mütehassısı

Dipl. İng.
A. RATİP SUMAN
Nafıa Vekâleti Su İşleri Reisliği
Fen Heyeti Müdürü

ANKARA
ULUSAL MATBAA
1941

Kitabın İçindekiler

Giriş : Zemin mihaniği nedir?

Yanlış - Doğru Cetveli

Sahife	Satır	Yanlış	Doğru
11	7 inci şeklin altında 13 üncü ile 14 üncü satır arasına ilâve:		dilmiş bir a kabından ibaret olup yukarıya doğru har
12	43	eksik	ρ
16	[1] inci notta	Bealin	Berlin
17		büyüklüklerniin	büyüklüklerinin
20	Cetvelin altında 3 üncü satır	kesbetmekte	kesbetmemekte
37	8	iel	ile
41	3	9	δ
	8	9	δ
44	15	Waschinton	Waschington
	18	Cmmitee	Commitee
45	2	Stem	Stern
46	11	9	δ
49	Birinci muadelede	2^z	z^2
64	7 inci muadele altında 1 ci satır	F^t	F_t
65	1	5-μ	5-μ
66	Alttan 6 ıncı satır	htiam	hitam
70	24	um	kum
88	6	fadeil	faideli

Sahife	Satır	Yanlış	Doğru
88	21	Tbaiî	Tabiî
	27	himal	İhtimal
90	5	Geotechnki	Geotechnik
	11	numunele rarizet	numuneler artık
96	25	yan	yani
97	7	vevel	evvel
	22	% 40/0.002	40 0,002
98	1	3 fasıllı	mafsallı
102	Alttan 7 ci satır	Mesahat	mesamat
	Alttan 8 ci satır	Mesahat	mesamat

ÖNSÖZ

Yazdığımız bu küçük eser imâr sahasında çalışan meslek arkadaşlarımızın zemin mihanikinin esaslarını tanıması ve kendilerine lüzumunda bir merci olabilmesi gayesine matuftur. Bu eserde zemin mihanikinin en son ve en yeni tecrübeleri ile birlikte bu fennin takibinde lüzumu olan bütün malûmat ve hakikatler de vazih bir surette toplanıp tasnif edilmiş ve ameliyat sahasında çalışanlara bu mevzu üzerinde tesadüf edecekleri müşkilleri hal ve lüzumunda takip edecekleri eserlerin mutalâasını kolaylaştırmak; bilgilerini derinleştirmek ve ameliyatta meselenin tatbik usullerini göstermek gayesi takip edilmiştir. Zemin mihaniki, inşaat mühendisliğinin diğer yardımcı ilimleri gibi henüz tekâmüle ermiş, katiyet kesbetmiş bir ilim olmayıp bilâkis günden güne genişlemekte ve tekâmüle doğru yürümektedir. Dünyanın muhtelif ülkelerinde bu işle meşgul olan müesseseler her gün bu husustaki resmî ve hususî taharriyat ve tecrübelere devam etmekte ve yeni yeni neticeler çıkarmaktadır. Bir taraftan müelliflerin bu fen üzerinde mevcut eserlerini mantıkî ve sistematik surette toplayıp tasnif ve diğer taraftan kendi tatbikat sahalarında, hususile Türkiyede; temel inşaatı tatbikatında yapılan tecrübeleri ve bunların neticelerini nazarî bir kisveye sokmağa çalışılmış olup eser kısmen pedagojik kısmen de inşaat tatbik tecrübelerini öğretme gayesine matuftur.

Bu küçük eserimizle genç meslekdaşlarımıza bu güç ve muğlâk fenni, velevki kısmen olsun; tanıtmağa muvaffak olacağımızı düşünerek telif için iktiham etmiş olduğumuz müşkilâtı ziyadesile karşılayan bir bahtiyarlık duymaktayız.

Dr. İng.
F. KANN †

Dipl. İng.
A. RATİP SUMAN

GİRİŞ

Zemin mihaniki nedir?

Zemin mihaniki, temeller altındaki zeminde husule gelen kuvvetler ve çökmelerle iştigal eden teknik mihanikin bir şubesidir. İnşaat teknik mihaniği, çelik, beton, ahşap gibi inşaat malzemesinin evsafına istinat ettiği gibi zemin mihaniki de zeminin malzeme evsafına istinat eder. Bir köprünün veya muvazeneten gayri muayyen bir çelik inşaatın inşaat malzemesi hakkında tamamile vukuf peyda etmeden gayet ince bir muvazenet hesabının yapılması ne kadar maksatsız ve şuursuz ise zemin meselelerinin de malzeme itibarile halleri bilinmeden temel altındaki zeminin gerilmelerini, çöküntülerini fennî hesap usullerile tayin ve tesbite kalkışmak o kadar şuursuzdur. Fakat inşaat malzemesinin mukavemeti ve elâstikiyet esasları bilindiği halde her şekil çelik ve beton inşaatının temelleri emniyetli olmazsa haklarında yürütülecek hesaplar dahi şuursuzdur. Bir köprünün, bir çelik iskelet inşaatın veya sair diğer bir inşaatın kurulacağı zemin hakkında hiç bir malûmat olmazsa bunlar için en dakik fennî hesap neye yarar?

Daha başlangıçta söylemek isterim ki bu fende son 15 sene zarfında nazarî ve amelî taharriyat yaparak çelik inşaatta olduğu gibi kat'i bir neticeye varmak için çalışılmış ise de varılamamış, hattâ maksat ve gayeden henüz çok uzak bulunulduğu ve bir gün maksat ve hedefe varılabileceği de şüpheli görülmüştür. Sebebi de hiç bir zemin diğerinin tamamile aynı olmadığından bir zemin hakkında yapılan tecrübe ve alınan netice doğrudan doğruya diğer bir zemine tatbik edilemez. Veyahut başka bir tabirle, zeminlerin evsaf itibarile tasnifi gayet güç ve çalışanları tamamile tatmin etmeyen nankör bir iştir. (1)

Yukarda zikrettiğimiz sebeplerden dolayı jeoteknik ilmi iki vazife ile iştigal etmekle iki esas kısımdan terekküp eder.

1. — **Zemin fiziği.** — Zemin cinslerinin tetkiki ile lâboratuvar usullerine tevfikan zeminin hikemî hassalarının tesbiti yani hesaba lüzumu olan emsallerin tayini ile iştigal eder.

2. — **Zemin mihaniği.** — Elâstikiyet, idrodinamik, enjeniyor jeoloji ilimleri ve sair mihanikî usullerle zemin dahilinde ve temellerin altında tazyikin sureti tevziini nazarî olarak hesap etmek ve mevcut tahmil kuvvetlerine göre muhtelif zeminlerde tasman miktarını önceden bulmak, istinat duvarlarına gelen toprak dafiasını tesbit ve yarım ampirik bir ilim olmak itibarile devletin büyük inşaat sahalarında münferit ve dağınık olarak temel işlerinde elde edilen rasat neticeleri ile yapılan tecrübeleri toplayıp devlet merkezî taharri bürosuna tevdi etmek vazifesile iştigal eder. Bu sebepten dolayı Almanyada, Fransada, Amerikada, İsviçrede ve diğer pek çok memleketlerde resmî ve hususî enstitüler teşekkül etmiştir. Bunların vazifesi memleket dahilindeki inşaat mahallerinde yapılan tecrübeleri toplamak, tanzim ve tetkik etmek ve onlardan fennî neticeler çıkarmaktır.

İkinci kısımda tasrih edilen işler ise zemin mihanikinin esasını teşkil eder.

---

(1) Toprak muvazenet ilmi; esasında mevcut olan büyük emniyetsizliği izale etmek için emniyet emsalinin pek büyük alınması mecburiyeti ile karşılaşmıştır. Bu da tabiî gayrı iktısadî olduğundan faideli değildir.

Birinci kısım

Zemin Fiziği

a. Fennî tâbirler ve jeoteknikteki normal tecrübeler

Bir zeminin karakteristik evsafını kati olarak tesbit için aşağıdaki 7 adet emsalin bilinmesine lüzum vardır.

1 — Mesamat emsali (Mesamat tazyik diyagramı, sıkışma emsali)

2 — Nufuziyet emsali (bu emsal, mesamat emsali, ve nufuziyet emsali diyagramından istihraç edilir.)

3 — Zeminin sıkleti izafiyesi emsali

4 — Dahilî zerrelerin delk zaviyesi emsali

5 — Lüzuciyet (kohezyon) emsali

6 — Elek münhanisi emsali

7 — Atterberg'in hudutları

Bir zeminin jeoteknik tarifi için lâakal yedi adet emsal kıymetlerinin bilinmesine lüzum vardır. Klâsik hendesî toprak dafiası ilmi bunlardan ancak iki tanesini ihtiva eder. Bunlar ise şunlardır:

1 — Sıkleti izafiye emsali

2 — Zerratın iç delk zaviyesi emsali

1. Mesamat emsali:

Mesamat emsalinin kıymeti olan (ε) nisbî bir rakamdır. Zemin malzemesinden alınan herhangi bir nümunenin (boşluk hacmi ile) mesamat hacmi ile sulb olan kısımları arasındaki nisbetleri tesbit eder. Ve bu formül ile ifade edilir:

$$\varepsilon = \frac{v - v_s}{v_s} \quad .... \quad (1)$$

İşbu formülde v = Numunenin hali tabiideki hacmi

v_s = Numunenin kurutulduktan sonraki hacmı

$v - v_s$ = bir nümunenin mesamat hacmi yani zeminin hali tabiîde bulunuşunda içindeki suyun hacmidir.

Bu faraziye âtideki zemin nümunesinin bittecrübe tesbit edilen mesamat hacminin tesbitinde esastır.

Zeminden alınan nümune hali tabiîsinde iken evvel emirde tartılır. Bilâhara 105 hararet desrecesinde kurutulur. Kuru bir havada soğutulduktan sonra tekrar tartılır. Sıklet farkı mesamat içinde bulunan suyun miktarını verir.

Bir numunenin yüzde ihtiva ettiği su mıktarı:

$$W\,(\%) = \frac{P - P_s}{P_s}\,100 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

olur. İşbu muadelede:

P = Tabiî halde bulunan nümunenin sıkleti
P_s = Kurutulmuş nümunenin sikletidir.

Zemin mesamat emsali (ε) ve su miktarı (W) arasındaki münasebet (1) ve (2) sayılı muadelelerin birbirine olan tenasübile elde edilir. Yani:

$$P_s = V_s \cdot \gamma$$

İşbu muadelede P zemin tanelerinin izafî sıkletlerini ifade eder. Mesamattaki suyun hacım sıkleti bire müsavi olduğu cihhetle şu formülü yazabiliriz.

$$P - P_s = (V - V_s) \cdot 1$$

Bundan (1) veya (2) numaralı muadeleye göre:

$$W = \left(\frac{V - V_s}{V_s}\right) \cdot \frac{1}{\gamma} \cdot 100 = \frac{\varepsilon}{\gamma}\,100$$

Ve bundan:

$$\varepsilon = \frac{W \cdot \gamma}{100} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

elde edilir.

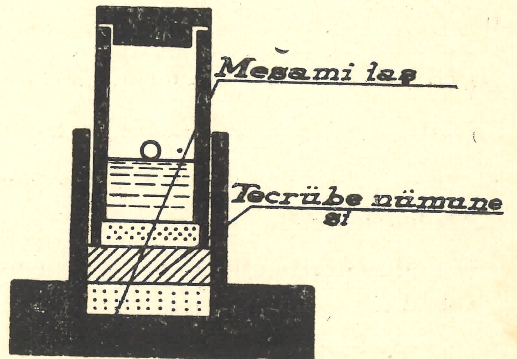
Kaide: Bir nümunenin su muhteviyatı yüzde ile ifade edilir, ve tanelerin izafî sıkletile zarb ve yüze taksim olunursa nümunenin mesamat emsali elde edilir.

Tazyik mesamat diyagramı veya odometre diyagramı: Yukarıda verilen izahata göre bir zemin nümunesinin mesamat emsali kolayca tesbit edilebilir. Mesamat emsali tabiî bir istifte bulunan muayyen bir zemin nümunesi için sabit bir kıymete malik olmayıp bilâkis zeminin maruz kaldığı tazyika tâbidir. Zemin üzerindeki tazyikin çoğalmasile mesamattan su dışarı atılır. Bu suretle zeminde vukua gelen sıkışma neticesinde tabii olarak mesamat emsalinin kıymeti küçülür.

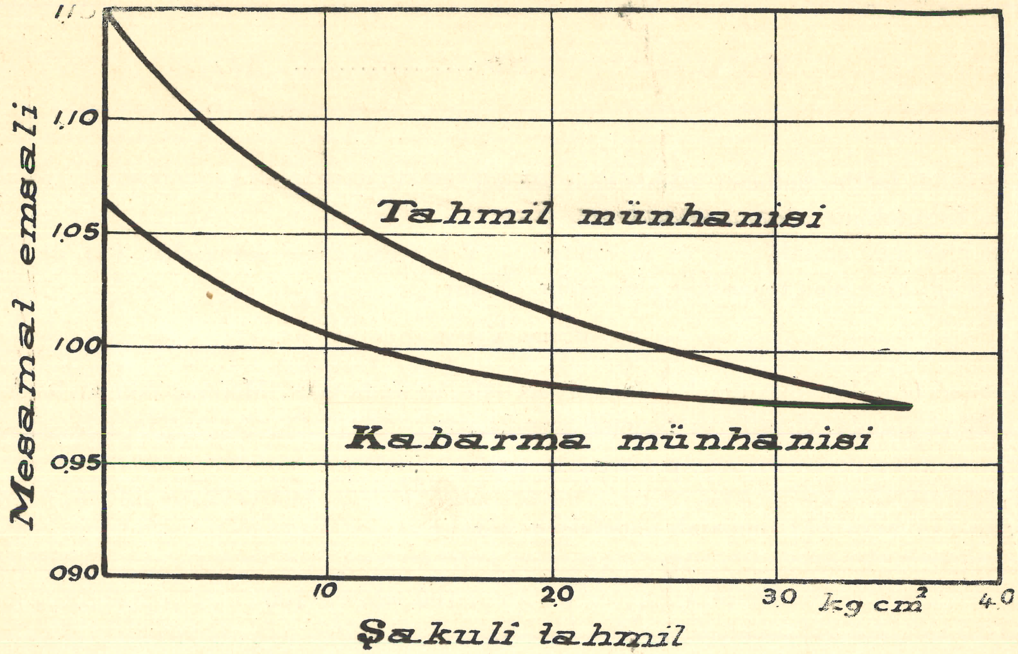
P tazyik sıkletinin muhtelif kıymetlerine ait olan ve miktarları tecrübe yolile ve yukardaki usulün tekraren tatbik edilmesi ile mevcut su hacmı tesbit edilerek bulunan mesamat emsal kıymetleri (ε) tertip ve ölçülerin tazyikleri (p=kg/cm). fasla olarak birbirlerine amud mihverler üzerine çizildiği takdirde Prof. Terzaghinin yaptığı tecrübelerde elde ettiği logaritmik münhani meydana gelir.

Bu münhaniye tazyik mesamat emsali diyagramı veyahut okdometre diyagramı denir. Bu hususta yapılan tecrübeye de okdometre tecrübesi denir. Tecrübenin esası; muayyen tedricî tazyiklere arzedilen ve ecnebi inbisattan mahrum zemin numunesindeki su muhteviyatını veyahut mesamat emsalini yukarıdaki (2) ve (3) numaralı muadelelerin gösterdikleri usul dairesinde bilhesap bulmağa ibtina eder.

Diyagramın tersimine hizmet eden âlet şekil (1) de gösterildiği üzere esas itibarile bir üstüvane ve bu üstüvane müstedir sathına iyice temas ederek hareket eden bir pistondan teşekkül eder. Pistonun alt ve üst kaideleri mesamatlı taştan yapılmıştır. Bu mesamatlı taşlar piston ile P tazyiki icra edildiği zaman zemin numunesinin mesamatından çıkacak suyu dışarıya almağa



Şekil : 1



Şekil : 2

yarar. Evvelâ hamule yani tazyik gittikçe çoğaltılarak şekil 2 deki okdometre münhanisinin esaslı dılı yani tahmil münhanisi elde edilir. Azamî sıkletin altında muvazanet elde edildikten sonra numune üzerindeki tazyik tedricen kaldırılır. Bu esnada tecrübe nümunesinin kabardığı ve hacmi muayyen bir miktara kadar tezayüt ettiği görülür. Bu suretle elde edilen münhaniye kabarma münhanisi denir. Hamulenin çoğalmasile hasıl olan münhaninin esas dılı şu muadeleye tâbidir:

$$\varepsilon = - \frac{1}{B} \cdot \ln. (P + P_c) + C_1 \quad \dots\dots\dots\dots\dots\dots \quad (4)$$

Hamulenin kaldırılmasile hasıl olan kabarma münhanisi de şu muadeleye tâbidir.

$$\varepsilon = - \frac{1}{A} \ln. (P + P_i) + C_2 \quad \dots\dots\dots\dots\dots\dots \quad (5)$$

Görülüyor ki mesamat emsali ile ($p = kg/cn.^2$) tazyiki arasında logaritmik bir münasebet vardır. C_1 ve C_2, P_i ve P_c kıymetleri sabittir.

Bu sabitler muadelede olmamış olsalar ($P = O$) için mesamat emsali $a = - \infty$ olurdu. (Çünkü $\ln O = \infty$) Yani P tazyiki (0) a doğru indikçe zemin numunesi namütenahi büyük bir hacımda kabaracak demektir. Bu da tabii olarak kabil değildir.

(5) numaralı muadeledeki (A) kabarma emsalini ifade eder.

Killi, yağlı kil, zayıf kil veyahut killi kumlu zeminlerde kıymeti 4 ile 130 arsında tahavvül eder. (1)

Bundan anlaşılıyor ki zeminin mesamat emsali; üstündeki tazyike tâbidir. O halde zeminin tavsifi için her zemine ait mesamat ve tazyik diagramını çizmek icap eder.

Sıkışma emsali:

Bir santimetre murabbaına vaki beher kilogram tazyik tezayüdü dp ve bu yüzden hasıl olan boşluk emsalinin tenakusu da dε ile gösterilirse aşağıdaki nisbet sıkışma emsali olur.

---

(1) Redlich - Terzaghi Ingénieur Geologie, Wien 1929, sahife 349.

$$a = \frac{d\varepsilon}{dp} = cm^2/g. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

O halde (a) nın alacağı kıymetler: p ve ε vaziyetlerini haiz okdometre münhanisi üzerindeki noktadan mezkûr münhaniye çizilen mümas hattın p mihverile teşkil ettiği emsal zaviyesi kıymetinden ibarettir. (6) muadelesini (4) muadelesinin istifzalile atideki şekilde yazabiliriz.

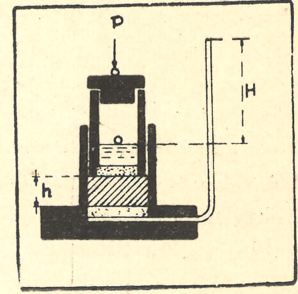
$$a = \frac{d\varepsilon}{dp} = -\frac{1}{B}\left(\frac{1}{p + p_c}\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (7)$$

Bu muadele katı zaid muadelesidir.

2. Nüfuziyet emsali:

Nüfuziyet sathı ve idrolik meyli bir olan bir zemin numunesinden vahit zamanda akan su miktarına zeminin nüfuziyet emsali denir ve k ile gösterilir. Bu emsal bir taraftan doğrudan doğruya mesaha edilebilir; diğer taraftan bilvasıta tazyik altında mesaha edilmiş bir zeminin tazyik mesamat emsali diyagramından çıkarılabilir. Burada ise nüfuziyet emsalinin doğrudan doğruya mesaha edildiğine göre izahat verilecektir.

Bu tecrübe odeometre ile yapılır ve şekil 3 de gösterildiği veçhile odeometre aletine camdan yapılmış şakulî bir boru vaz edilir.



Şekil : 3

Buna göre:

Q = Vahit zamanda nümuneden çıkarılan su miktarı

F = Numunenin makta sathı

H = Şakulî borudaki su tazyik irtifaı

h = Zemin numunesinin kalınlığı

k = Nufuziyet emsalinin mıktarını gösterdiğine göre

Darsi kanununa tevfikan:

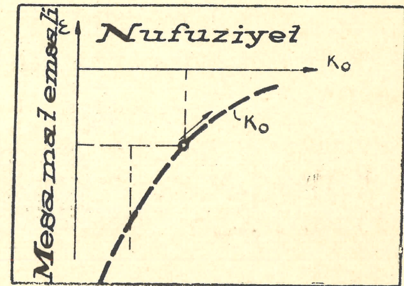
$$Q = F.\ k.\ \frac{H}{h} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (8)$$

Buna nazaran nufuziyet emsali atideki muadele ile tesbit olunabilir.

$$k = \frac{Q.\ h}{F.\ H} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (8a)$$

Nüfuziyet emsali tabî olarak mesamat emsali ile ve yapılan tazyikle değişir. Yani muayyen bir zemin için mesamat emsali gibi sabit değildir.

Nufuziyet emsali ile mesamat emsali arasındaki münasebet kaim vaziye mihverlerine göre çizilen mesamat ve nufuziyet emsali diyagramından görülebilir. Şekil (4).



Şekil : 4

Bu diyagram veyahut bu münhani şekli muayyen bir zemini tarif edebilir. Fakat nüfuziyet emsalini tarif edemez. Tecrübenin icrası için normal suhunet + 10 derece olmalıdır.

3. Sıkışma emsali

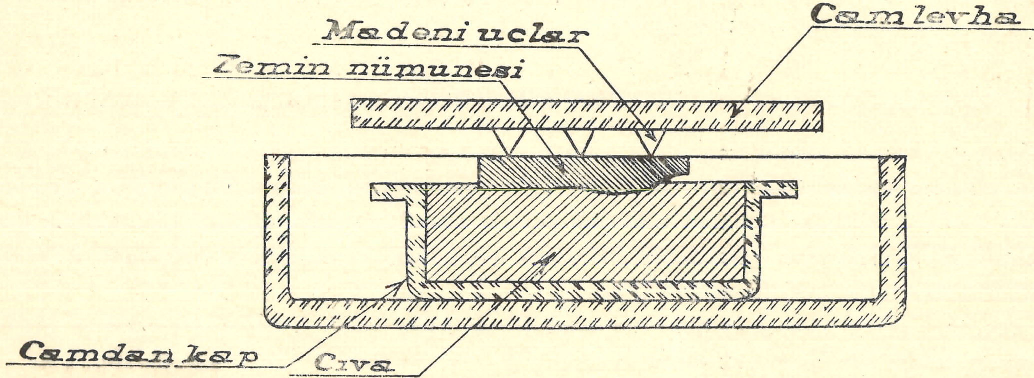
Zemin maddesinde sıkışma emsali vahit hacmın sıkletine müsavidir. Tecrübenin icrasında kumlu, çakıllı, rabıtasız ve killi rabıtalı zeminleri biribirinden tefrik etmek lâzımdır.

a) Rabıtasız zeminler:

İçi boş çelikten yapılmış ve altı bıçak gibi keskin bir üstüvane ianesiyle muayene edilecek zeminden üstüvanevî bir nümune parçası çıkarılır. Bu nümune parçası tartılır. Ve ondan sonra hacim ve aynı zamanda vahit hacim sıkleti tesbit edilir.

b — Rabıtalı zeminler:

Nümune, şekil 5 de gösterildiği veçhile bir cam levhası ianesile ağzına kadar cıva ile doldurulan



Şekil : 5

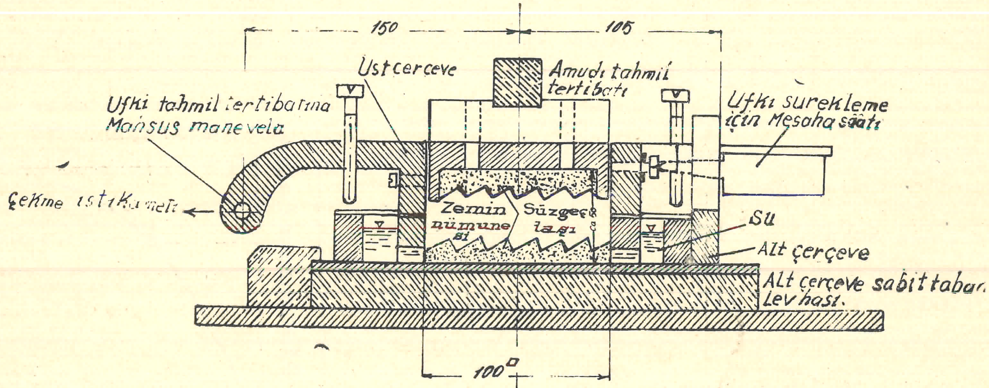
bir kap içine konulur, fazla cıva harice akıncaya kadar tazyik yapılır. Kaptan harice akıtılan cıvanın sıkleti Q, onun izafi sıkleti γ_Q ve numunenin sıkleti G ile ifade edilir, ve G olan numune sıkleti de evvelce basit bir surette tartılarak tesbit edilmiş bulunur ise vahit hacım sıkleti âtideki formülle ifade edilir.

$$\gamma_e = \frac{G}{V} \; ; \; V = \frac{Q}{\gamma_Q} \text{ veya } \gamma_e = \frac{G.\gamma_Q}{Q} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (9)$$

4. Dahilî zerratın delk zaviyesi (Kohesion)

Makaslama tecrübesi

Delk zaviyesinin tayini için Krey - Casagrande tarafından şekil 6 de gösterilen ve son za-



Şekil : 6

manda tekâmül etmiş olan Hros Leo Haefeli halkalı makaslama tecrübe âleti kullanılır. Bu âlet

(a) levhasından ve levhanın ihtiva ettiği mesamatlı bir taştan mürekkep olup bu taşın sathında dişler mevcuttur. Bunun üstünde (b) çerçevesi bulunur. Bu çerçeve levha üzerinde serbestçe hareket edebilir.

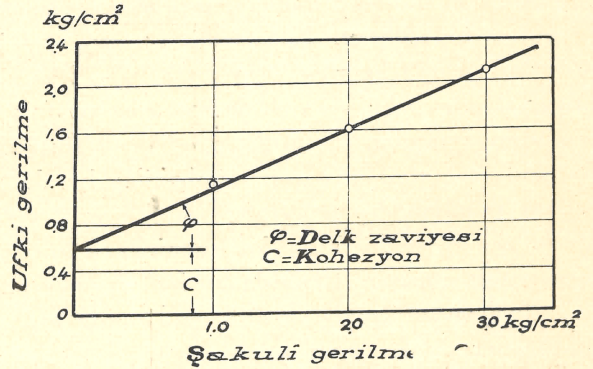
Zemin numunesinin yarısı müteharrik diğer yarısı sabit çerçeveye konur. Bu zemin numunesi; mesamatlı diş tertibatile mücehhez olup sıkleti taşa intikal ettiren c pistonu vasıtasile tahmil edilir. Mesamatlı taşlar talep edilen tazyik elde edilinceye kadar suyun harice çıkmasını temin eder. İşbu keyfiyet hasıl oluncaya kadar üst çerçeve üzerine ufkî bir kuvvet icrai tesir ettirilir.

Kuvvet, toprak numunesi A - A müstevii kıyasisine doğru makaslanıncaya kadar, dakikada amudî kuvvetin 1/20 si nisbetinde olmak üzere tedricen çoğalır. τ olan makaslama geril meleri fasla ve σ şakulî tazyik gerilmeleri tertip olarak alındığı takdirde bir münhanî hasıl olur. Bu münhani amelî olarak bir hattı müstakime tahvil edilebilir. (Şekil 7) Bu münhanînin muadelesi

$$\tau = \sigma \, tg. \, \rho + k_s \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (10)$$

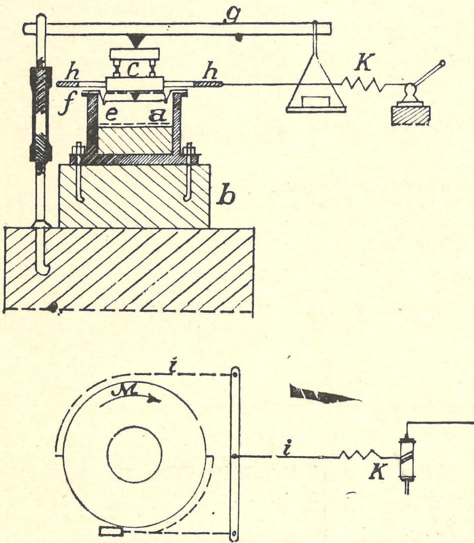
ρ zaviyesi hattı müstakim ile fasla mihveri arasındaki dahilî delkü temas zaviyesidir. Sıfır olan tazyik gerilmelerinin makaslama mukavemeti malzemenin (k_s) rabıtasını ifade eder. Bundan sonra Hanover'de Prof. Franzius tarafından zeminin kayma mukavemetinin tesbiti hakkında vapılan tecrübelerden bahsedeceğiz. Şekil (8)

Bu tecrübelerde muayenesi arzu edilen zemin malzemesinin dahiline vazedilen dairevî bir levhanın kendi müstevii kıyasındaki dönmesi ölçülmüştür.



Şekil : 7

Bu tecrübeler American Foundation Commiteesi tarafından yapıldığı gibi İsveçte İstokholm yüksek mühendis mektebinde de aynı suretle yapılmıştır.

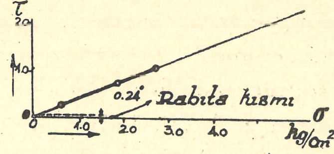


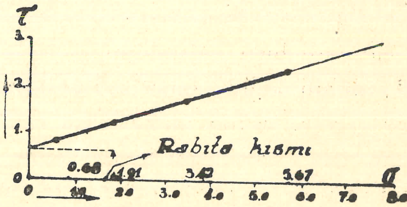
Şekil : 8

Pistonun silindir mihveri istikametindeki hareketi esnasında hasıl olan toprak nümunesnin kabarmaları pistonda büyük makaslama kuvveterinin husulüne sebebiyet verir. Bundan dolayı Hanover'de yapılan tecrübelerde pistonun silindir mihveri istikametindeki hareketleri darevî hareketlere tahvil edilmiştir. Bu tecrübenin icrası için Franzius tarafından istimal edilen tecrübe âleti esas itibarile şekil 8 de gösterildiği veçhile zemin nümunesinin konmasına mahsus demirden mamul ve (b) beton mesnedine ankraj yapmak suretile tesbit edilen ketlerin temini için bir piston bağlanmıştır. Pistonun alt tarafı zemin nümunesinin bu irtfiadan alınabilmesi için on milimetre irtifaında radial manivelâlarla teçhiz edilmiştir. Pistonun, aletin cidarlarile delkü temas etmemesi için piston cidar muhitine demirden (e) bir halka konulmuştur. Bu suretle pistonla kap cidarı arasındaki temas sathı yağlı bir (f) meşiniyle sıkışıp kapatılmıştır. Nümune mesamatındaki suyun harice çıkabilmesi için pistonun tabanına ve alt kaidelerine filitreli tabakalar konulmuştur.

Pistonun manivelâ tertibatı (g) ile tahmil olunur. Pistonun dönme hareketi pistona konsantrik olarak bağlanan ve bir dönme anı tevlit eden demirden yapılmış tekerlek (h) vasıtasile temin edilir. Bu esnada vücude getirilen cer kuvvetleri çelik tellerle (i) nakledilerek âlete vaz'olunan (k) dinamometresi vasıtasile ölçülür.

Tarif edilen bu tecrübe tertibatile Franzius on sekiz ay zarfında kum, kil, fahmi toprak gibi muhtelif zemin numunelerile tecrübeler yapmıştır. Bu tecrübelerden elde etmiş olduğu netice kayma gerilmesile satıh tazyik gerilmesi arasındaki nisbetin (10) sayılı muadelede gösterdiğimiz şekle tetabuk ettiği ve umumiyetle bu münasebetin hattî olduğudur. Mamafih bu esnada idrodinamik kayma mukavemetleri hususî bir rol oynamaktadır. Zemin mesamatının teşkil ettikleri boşluklar içindeki su, tazyik altında bulununca toprak dahilinde delk kuvvetleri vücude gelir. Bunlara idrodinamik kayma mukavemetleri denir. Bu esnada tazyikten dolayı mesamattaki fazla su dışarıya akarak tazyik hususunda bir muvazenet hasıl olursa o vakit idrostatik kayma mukavemetinden bahsolunur. Nüfuziyeti az olan zeminlerde bu halin vücude gelmesi için daha uzun bir müddete ihtiyaç vardır. Şekil 9 ve 10 da Franzius tarafından killi ve fahmî zeminler için istihraç edilen idrostatik kayma mukavemetini gösteren münhaniler kumlu zeminlerdeki münhanilere müşabih olduklarını ve yalnız kumlu zeminlerdeki rabıta kuvvetinin pek küçük olduğunu tesbit etmiştir. (Şekilde bu haller gösterilmiştir.)





Şekil: 9, 10

Bu hususta yapılan tetkik neticesinde elde edilen muadeleler şöyle yazılabilir:

a) Kum için .... $\tau = (\text{kg.}/\text{cm}^2) = 0.01 + 0.68\ \sigma$

b) Killi zeminler için .... $\tau = (\text{kg.}/\text{cm}^2) = 0.\ 1 + 0.46\ \sigma$

c) Fahmi zerminler için .... $\tau = (\text{kg.}/\text{cm}^2) = 0.\ 5 + 0.42\ \sigma$

Killi ve fahmi zeminlerdeki idrodinamik kayma emsallerinin tesbiti için zemin numuneleri ilk tahmillerden itibaren sür'atle beher dakikada 0.6 atmosferlik bir tazyikle başlanarak daha yüksek tazyiklere maruz bırakılmış ve bu tazyikler beher santimetre murabbaına 8 kilograma kadar tezyit edildiği halde ondan mütevellit kayma mukavemetinin ilk gösterdiği kıymeti takribî olarak muhafaza ettiği neticesine varılmıştır. (Şekil 11, 12).

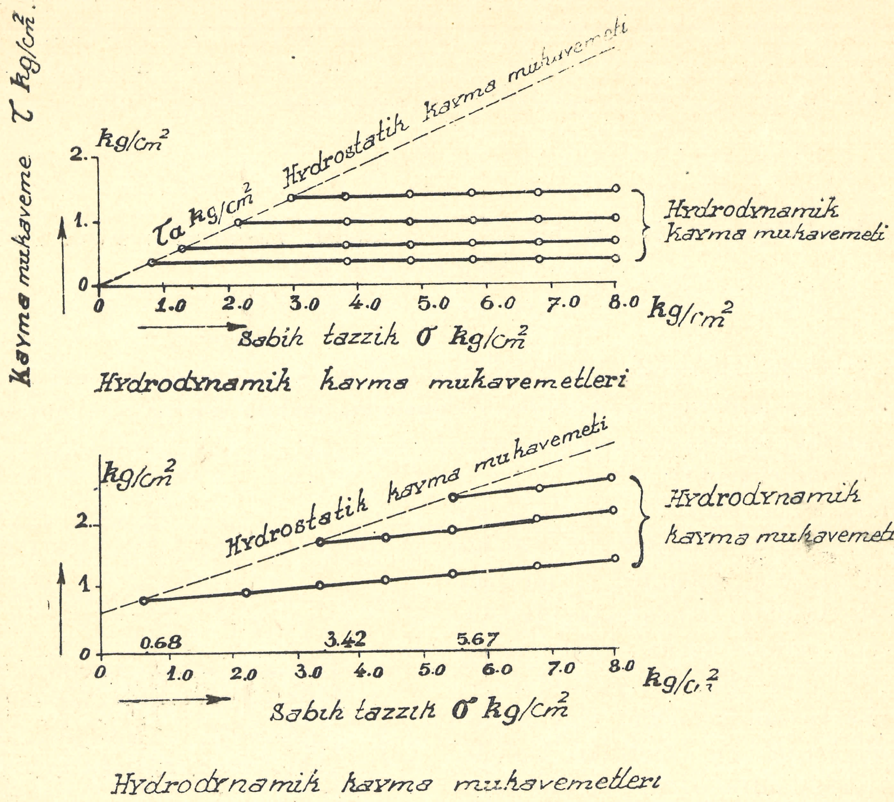
İşbu hâdisenin sebebi tecrübe başlangıcı ile hamule tezyidi arasındaki kısa müddet zarfında kesif zemin cins'nin bünyevî teşekkülü dolayısile şayanı kayıt bir suyun çıkması imkânı olmaması ve suyun gayet az alâstikiyeti dolayısile bütün tazyik tezayüdünün mesamat suyu tarafından belli edilmesinden neşet eder. Su mayi olmak itibarile bir rabıtaya malik olmadığından kayma mukavemeti layetegayyer kalır.

Şekil 11, 12 deki τ hatları takribî olarak σ mihverindeki tertiplere takriben muvazidir.

Fahmi zeminlerde şekil 12 de görüldüğü veçhile bu muvazat biraz bozukçadır. Mesamattaki suyun harice çıkması ve tazyikin müsavi kılınması dolayısile kayma mukavemeti azamî hududa varır. Yani şekil 11 ve 12 de kesik hatlar ile gösterilen hidrostatik kıymetine yaklaşır. 10 numaralı muadeleye göre tecrübeden elde edilen delkütemas zaviyesi hesap edildikte şu kıymet elde edilir.

$$\text{tg. } \varphi = \frac{\tau - k_s}{\sigma} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (10a)$$

Hidrodinamik kayma mukavemeti için şekil 11 ve 12 mucibince τ kıymeti takribî olarak sabit kaldığı cihetle (10a) numaralı muadeledeki suret sabit kalacağından σ nın kıymeti büyüdükçe nın kıymeti küçülecektir. Bundan anlaşılıyor ki ρ kıymeti aynı zemin için sabit değildir. Rabıtalı zeminlerde tazyik altında bulunan mesamat suyu Terzaghi'nin söylediği gibi ya delküteması tenkis eder veyahut bağlama vazifesini görür.



Şekil: 11, 12

Rabıtalı zeminlerdeki iltisak, zeminin tabii şevinden daha dik bir şevde durmasını temin ettiği halde mesamatta bulunan fazla suyun dahilî delkütemasın satıh üzerine icra ettiği normal tazyikin yani toprak yığınının irtifaı yükseldikçe tenakus ettiği görülür. Bundan dolayı bu gibi yığın halinde bulunan zeminlerde faal olan toprak tazyiki daha büyük olur. Gayrı faal olanlar da aynı şerait altında daha küçük olur. Daha fazla irtifada bulunan istinat duvarlarının R kıymeti tesbit edilirken bu husus nazarı dikkate alınmalıdır. Çünkü mururu zaman ile mesamattaki su gaip olur ve delk zaviyesi büyür. Her halde bu gibi duvarların arkasında mesamat suyunun sür'atle çıkabilmesi için drenaj hendekleri yapmak faidelidir.

Zeminin hakikî rabıtasından başka bir de zeminin gayrı hakikî rabıtaları vardır. Bu gayri hakikî rabıtalar bilhassa zeminin şaariyat hassasından dolayı şaariyat suyunun tebahhuru dolayısile üst satıhta bir gerilme (takabbuz) hasıl eder ve bu gerilemeden dolayı kayma mukavemeti büyür. Zeminin yüzünün arasıra ıslatılması dolayısiyle sathî kuvvetler zail olur. Ve bu halde gayrı hakikî rabıtalar kaybolur. Malûm olan ρ delk zaviyesi ve zeminin γ_e miktarlarile rabıtanın miktarı bittecrübe tesbit edilebilir.

Profesör Franzius tarafından yapılan tecrübelerde dahilî delkin esas kıymetleri ile esas rabıta kıymeti bulunmuştur. Öyle bir zeminin ρ dahilî delk zaviyesi ve ayrıca onun γ_e hacım sıkletinin bilinmesi lâzımdır. Bu takdirde yapılan tecrübelerle rabıta kıymetli olan k_s bilhesap bulunabilir. Muayene edilecek zemin malzemesinin arkasına bir mesnet veya destek koymaksızın şakulî olarak hangi h irtifaa kadar serbest durabildiğini bittecrübe tesbit etmek lâzımdır. Bu suretle (ilâvedeki 15 numaralı muadeleye müracaat), şu formül elde edilir:

$$k_s = \gamma_e \cdot \frac{h}{4} \cdot tg.\left(45^0 - \frac{\rho}{2}\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (11)$$

Adedi misal $\gamma_e = 1.8\ t/m^3$; $h = 4$ m ve $\rho = 30°$ olduğuna göre

$$k_s = 1\cdot8 \cdot \frac{4.0}{4} \cdot tg:\ 30° = 1.04\ t/m^2$$

Bu usul dairesinde Knocke çakıllı kum rabıta kıymetini 0.4 kg./cm². ve sedde toprakları kil gibi yağlı toprakların rabıta kıymetlerini bunun iki misli olarak tesbit etmiştir. Bu kıymetler Franzius tarafından bulunanlardan daha büyüktür. Mamâfih amelî taharriyet usulü noktai nazarından Franzius'un bulmuş olduğu kıymetler hakikata daha yakındır..

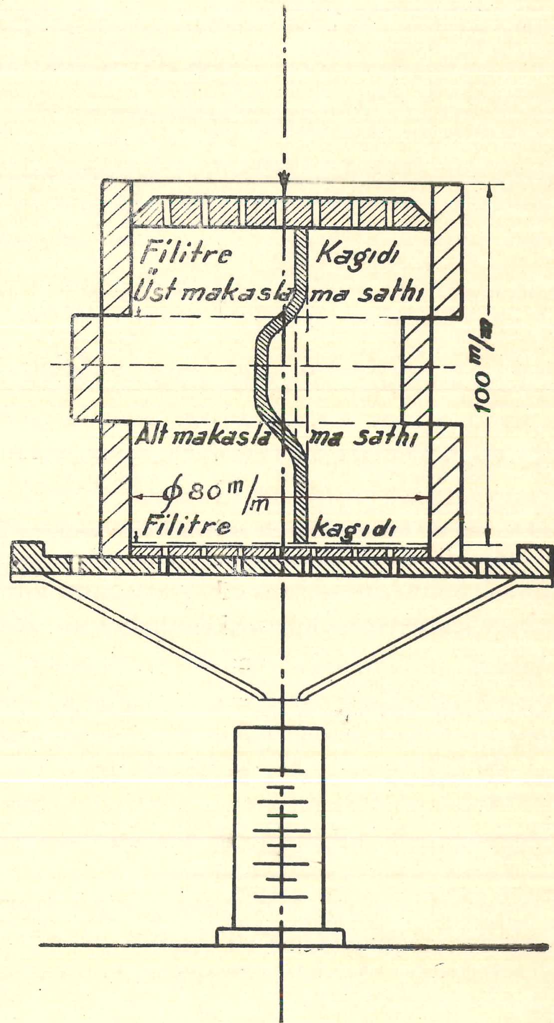
5. Dr. Ing. h. c. Grüner ve Ing. R. Haefelinin metodları mucibince zeminin makaslama mukavemetini gösteren âlet

Ren nehri üzerinde Albruckdogern elektriksantralı ve ona ait nazım bendin inşası esnasında Dr. Gruner şekil 13 de gösterilen makaslama tecrübelerine mahsus kayma ve aynı zamanda sıkışma aletini kullanmıştır. Bu âlet esas itibarile aşağıdaki parçalardan mürekkeptir:

a — İç kutru 8 cm² irtifaı 10 cm ve hacmi 500 cm³ olan 3 taksimatlı pirinçten mamul bir silindir, silindirin üst ve alt kısmı her iki taraftan birbirine kuvvetle bağlıdır. Aralarında ufkî ve silindirin cidarına tamamile uygun olarak girebilen bir halka mevcuttur. Silindire yukarıdan ve aşağıdan tamamile ve sımsıkı uydurulmuş madenî levhalar bağlanmıştır. Bu levhalar nümune malzemesinin mesamatından dışarıya çıkan suyu emmeye müsait filtre kâğıtlariyle mücehhezdir.

b — Şakulî tahmil tertibatı; sıkleti temsil eden levhalardan, manivelâdan ve A silindirinin kapağı üzerine mihverî olarak oturan tazyik pistonundan ibarettir.

c — Ufkî tahmil tertibatı ise balanse edilmiş mütenazır zaviyeli iki manivelâya malik ve makaslama kuvvetlerini çelik halatlarla A silindirine arzanî olarak sürebilen halkalar vasıtasiyle A silindirine intikal ettirecek ve suyun hamulesini alabilecek alüminyumdan mamûl iki kaptan ibarettir.



Şekil : 13

Grüner zeminin makaslama mukavemetini, 3 had kıymeti ile tasnif etmiştir.

Evvelce tarif edildiği veçhile makaslama mukavemeli yalnız normal tazyikten değil aynı zamanda mazlemedeki su muhteviyatına da tâbidir. (Bu hussuta Franzius tarafından yapılan tecrübelere müracaat.) Bundan başka makaslama mukvemeti müteaddit hadlerle ifade edilebilir. Grunerin projenin yapımlası ve malzemenin kontrolü için esas olarak tanzim ettiği bu had kıymetleri şunlardır:

a) Malzemenin hali tabiîsinde ihtiva ettiği su miktarının makaslama mukavemeti,

b) Sabit ve hali işbaa gelen makaslama mukavemeti yani mesamat içindeki suyun sabit hali işbaa geldiğinde hasıl olan makaslama mukavemeti,

c) Sabit su muhteviyatlı zeminlere mahsus makaslama mukavemeti,

Bu suretle makaslama tecrübesi üç müstakim hattâ irca edilmiş olur. Dr. Grunerin yapmış

olduğu bu âlet malik olduğu hususî tertibatı sayesinde hem muayeneyi kolaylaştırmakta, hem de aynı zamanda arka arkaya sıravari takip edilecek tecrübelerde yukarıda sayılan makaslama mukavemetine ait kıymetleri vermektedir.

6. Horslav tarafından ortaya konulan yeni buluşlar:

10 sayılı muadeleyi tekrar yazalım. Yani $\tau = k_s + \sigma \operatorname{tg} \varphi$ Bu muadele Columbun kırılma şartı muadelesi ismini alır. Bu muadelede k_s haddî malzemenin zerreleri arasındaki iltisak kuvvetini gösterir. Horslav bu hususta etütlerin tekâmülü iltisak derecesinin malzeme için sabit bir emsal olmadığını ve bilâkis tahmil edilmeden evvelki zemin vaziyetine tâbi bir kıymeti haiz olduğunu sarahaten meydana koymuştur. Bu bakımdan Krey Friedemann umumî surette aşağıdaki kırılma şartını ifade eden muadeleyi tertip etmiştir:

$$\tau = \sigma_i \,.\, \operatorname{tg} \rho_e + \sigma_k \,.\, \operatorname{tg} \rho_r \quad .... \quad (11a)$$

Bu formülde tecrübe edilmek üzere nümunesi alınan zemin malzemesinin munzam hamuleden evvel yani zatî sıkleti tahtı tesirinde zerreleri arasındaki yapışma kuvvetinin mevcudiyeti ve bu kuvvet dolayısiyle husule gelen σ_i gerilmesile makaslama tecrübesi esnasında husule gelen σ_k normal gerilmesinin birbirinden ayırt edilmesi iktiza eder. Horslev zemin ahvalini daha sarih bir surette ifade etmek için muaddel sıkışma tazyikini tâbirini kullanmakla zemin yapışma kuvvetini daha katî bir şekilde tefrik etmeğe muvaffak olmuştur. Muaddel sıkışma tazyikinden mütevellit σ_e gerilmesi öyle bir gerilmedir ki odometre yani ilk sıkışma münhanisinde mevcut mesamat emsaline tevafuk eden kıymeti haizdir. Horslev muvazeneti bozulan kil malzemesi üzerinde yaptığı müteaddit tecrübelerin verdiği neticeye göre kırılma şartı için aşağıdaki formülü bulmuştur:

$$\tau = \chi \, \sigma_e + \mu_o \, \sigma_k \quad .... \quad (11b)$$

Bu muadelede χ icrayı tesir eden tazyika tekabül eden sıkışma emsalini dahilî delki temas emsalini gösterir.

Yani:

$$\mu_o = \operatorname{tg} \rho_r$$

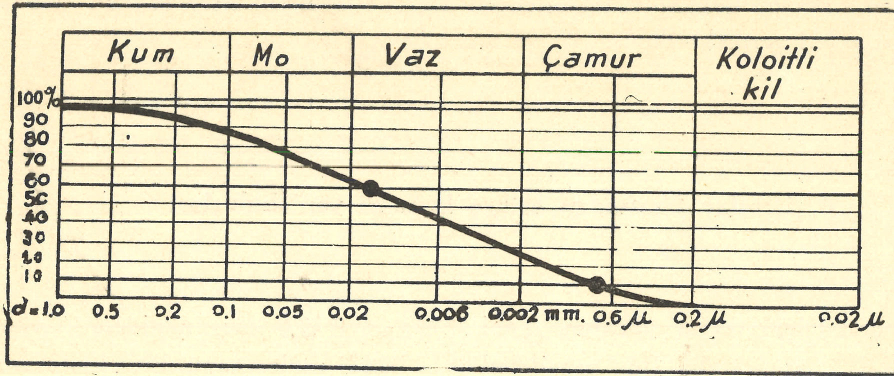
Bu suretle sıkışma ile mesamat arasında bir münasebet tesis edilmiştir. Buna nazaran sıkışma emsalinin zemin mesamat emsalinin bir tâbii olduğu âşikârdır.

Bundan dolayı χ sıkışma emsalyile μ_o dahilî delkitemas emsali zemin cinsine tâbi birer sabit adetlerdir.

Bununla beraber makaslama tecrübesi esnasında cereyan eden fizikî hâdisat hakkında ilim adamlarının fikir ve mütalealarında mubayenet ve ihtilâf vardır.

7. Granulometri:

Her hangi bir zemin umumiyetle muhtelif zerrat ile mesamattaki sudan mürekkeptir. Münferit zerrelerin kuturları logaritma mikyası ile fasla ve zerrelerin yüzdeki sıkletleri muayyen zerre



Şekil : 14

kutru altında tertip olarak tesbit ve tersim edilirse şekil 14 deki zemin malzeme zerratının büyüklüğünü gösteren elek münhanisi veya granulometre münhanisi elde edilir. Zeminler kısmen taneli (rabıtalı değil) kısmen de rabıtalıdır. Zeminin her iki esas şekilleri arasında pek çok geçit şekilleri mevcuttur. Koloit taharriyatının ortaya koyduğu hakikatler rabıtalı zeminlerin tazyik ve suya karşı alacakları vaziyeti tesbit etmiştir.

Taneli zemin şöylece ifade edilir. [1]

Kaya kırma taşı; vasatî tane kutru 150 mm. den yukarı.
Orta kırma taş; vasatî tane kutru 70 - 150 mm.
İnce kırma taş; vasatî tane kutru 30 - 70 mm.
Kaba çakıl vasatî tane kutru 15 - 30 mm.
Orta çakıl vasatî tane kutru 5 - 15 mm.
İnce çakıl vasatî tane kutru 2 - 5 mm.
Kaba kum vasatî tane kutru 0.6 - 2 mm.
Orta kum vasatî tane kutru 0.2 - 0 6 mm.
İnce kum vasatî tane kutru 0.1 - 0.2 mm.
Toz halindeki kaba kum tane kutru 0.05 - 0.1 mm.
Toz halinde rakik kum tane kutru 0.02 - 0.05 mm.
Kalın kil tane kutru 0.02 mm. den 6. μ[2] ye kadar.
İnce kil vasatî kutru 6 μ dan 0.02 μ ya kadar.

Rabıtalı kollodial kısımları şunlardır: [2]

Kollodial çamuru (mikro kil) kaba 0.6μ— 2 μ parça ebadında
Kollodial çamuru (mikro kil) ince 0.6μ— 0.2μ parça ebadında.
Ultra kil 0.2 μ dan küçük parça ebadına maliktir.

Taneli malzemenin yukarıdaki tarifleri Alman zemin taharriyatı komisyonunun teklifine uygundur. Malzemenin kil muhteviyatına göre taksimi Atterberg metoduna tetabuk etmektedir.

Gayet ince kil parçalarının muvazi istifleri ve sivri şekilleri dahilî temaslarını sıklaştırır. Ve bu suretle rabıtalı zeminlerin plâstikiyetlerini ve kohezyonlarını temin eder.

Evvelce de söylendiği veçhile lugaritma taksimatlı bir mikyas ile tane büyüklükleri çizilir ve onlardan zeminin mühim olan en küçük tane gruplarının, aralıkları büyütülmüş olacağından, vasıfları daha iyi anlaşılır.

[1] Handbuh für Eienbeton C. 4. tabı 4, Bealin 1936 zeminlerin teşekkülü ve hikemî hassaları S. 6
[2] μ = 0.001 mm. dir.

Muhtelif eb'attaki tane büyüklüklerniin tayini 0.075 mm. kutruna kadar delk tecrübesi ile icra edilir. Daha ince kuturlu olanlarının da aşağıda gösterildiği veçhile tersip tecrübesi ile tesbit olunur. Toz halinde bulunan bu ince zemin malzemesinden alınan bir kısım nümune bir kap içine konarak su ile birlikte çalkalanır. Çalkalama neticesinde kabın içindeki malzeme yavaş yavaş dibe çöker. Bu maddeler suyun dibine çökmeden evvel suyun sathında bir mukavemete maruz kalırlar. Buna binaen tanelerin çökme sür'ati büyüklüklerine, şekillerine ve sıkletlerine tâbidir. Tabiî olarak aynı siklet ve aynı hacme malik olan tanelerden yuvarlak olanlar, düz şekilli olanlardan daha çabuk dibe çökmektedir. Şu halde bir zerrenin kutru, aynı sikleti izafiyeyi ve aynı bir sür'atle kabın tabanına çöken bir kürenin kutru ile ifade edilir. Aynı zamanda kabın tabanına düşen zerratın aynı eb'atta olduğu kabul edilir.

Zerrelerin sıkleti izafiyesi: $\gamma_1 = g / cm^3$

Mayiin sıkleti izafiyesi: $\gamma = g / cm^3$.

Mayiin satıh mukavemeti: $\eta = g\,cm / sec^2$.

Zerrenin tabana sukut sürati: $v = cm / sec$.

Zerrenin nısıf kutru d = cm. olursa o zaman Stoks düsturuna göre:

$$v = \frac{2}{q} \cdot \frac{\gamma_1 - \gamma}{\eta} \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 \quad \text{.................} \quad (12)$$

Veyahut

$$d = \sqrt{18 \cdot \frac{v.\ \eta}{\gamma_1 - \gamma}} \quad \text{...............} \quad (13)$$

Misal olarak

$\gamma_1 = 2.85$ t./m³.

$\gamma = 1$ t./m³. (su)

$\eta = 1.165 \times 10^{-5}$

Ve derecei hararet 15° C olunca

d = 0.002 ; 0.02 ; 0.2 mm.

v = 0.00035 ; 0 035 ; 3.5 cm./sec. olur.

Muayyen bir zaman için zemin nümunesinin henüz sulp ve kabın tabanına henüz inmemiş bir hali esnasında d zerre kutru ile p sıkletinin yüzde nisbeti malûm olur. Zerrelerin büyüklüğünü gösteren elek münhanisi kolaylıkla çizilebilir. Zerrelerin tecanüsü

$$U = \frac{d\ w}{d\ w'} \quad \text{......... ....} \quad (14)$$

nisbeti ile ifade olunur. Şu halde $\frac{dW}{dW'}$ nisbetini izah edelim. Muayenesi icra edilecek zemin malzemesi bir çok zerrattan mürekkeptir. İşte nümunenin umum sıkletinin yüzde onunu altına geçiren bir elekten çıkan malzemenin kutru d_W dir. Bu kuturdan maksat zerrelerin su mukavemetine maruz kutrudur. dw' ise aynı nümune malzemesinden yüzde altmışını altına geçiren ikinci bir elekten geçen zerrelerin kutrudur. d_W ile $d_{W'}$ birbirine ne kadar yakın olursa malzeme o nisbette mütecanis addolunur. Bu tecrübeyi yaparken kutru pek küçük malzemeler için elek istimal edilmemelidir. Bu gibi malzemenin tecanüs derecesi ancak su tecrübesi ile takdir edilir.

dw ile dw' birbirinden ne kadar farklı ise yani granülometri münhanisi ne kadar dik ise o nisbette zemin malzemesi mütecanis olmaz. Bu hususta azamî hudut 14 numaralı muadeleye göre kum gibi tamamile habbeleri mütecanis bir zemin için u = 1 olur.

Şimdiye kadar bahsetmiş olduğumuz ve jeoteknik hesabına esas teşkil eden zeminlere ait ka-

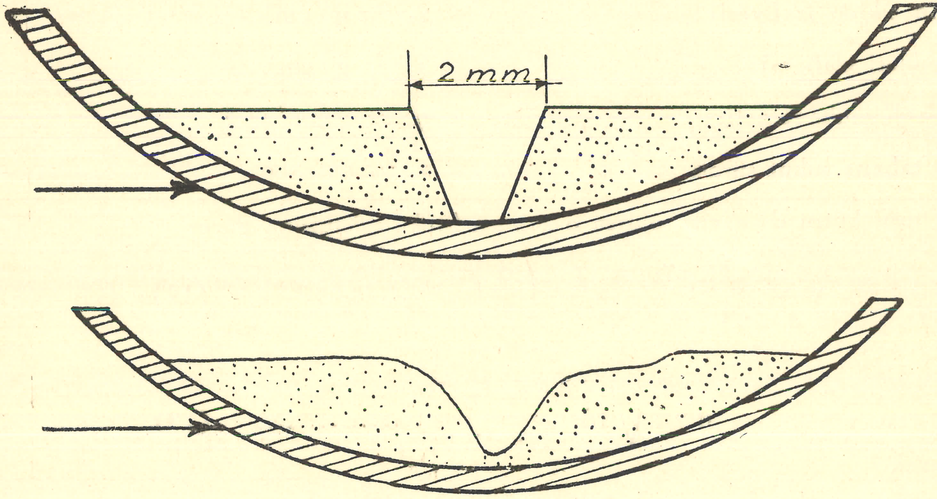
rakteristik hususattan başka zemin tekniği hakkında daha bazı emsal kullanılmakta olduğu cihetle bunların kısaca tarifine lüzum görülmüştür.

8. Atterberg tarafından vazedilen hudut

Muayene edilecek her zemin nümunesi muayene esnasında bir akma hududunda diğeri dağılma ve üçüncüsü de muhafazai şekil hududunda kalır.

a) Akma hududu:

Zemin nümunesi mesaha kabına doldurulduktan sonra şekil 15 de görüldüğü veçhile bir san-

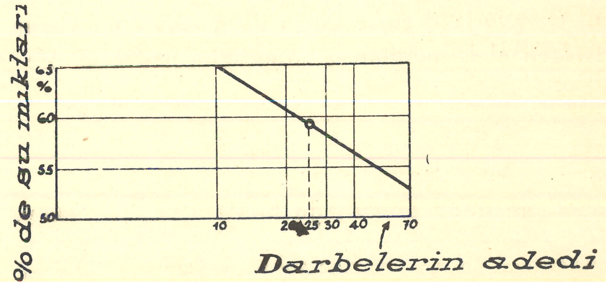


Şekil : 15

timetre derinlik ve 2 milimetre genişliğinde nümunenin içine bir çizgi çizilir ve nümune iki kısma ayrılır. İşte nümunede mevcut su miktarının 25 darbede çizginin her iki tarafından birer santimetre mesafeye kadar akmasına nümunenin akma hududu denir.

Akma hududunun bilvasıta tesbiti en iyisi (şekil 16) da gösterlidiği veçhile akma münhanisinin müteaddit nokatlarının tesbiti suretile elde edilir.

Münhninin tesbiti için fasla mihverine malzemenin akmasına lüzumlu olan darbelerin adedi ve tertip mihverine de nümunede mevcut su muhteviyatının yüzdesi tersim edilir.



Şekil : 16

Zemin ne kadar akıcı ise yani nümunede suyun miktarı ne kadar fazla ise malzemenin akması o nisbette az darbelere ihtiyaç gösterir. Su miktarının tesbiti evvelce mesamat emsalinin tesbitinde kullanılan tartma usulünün tatbiki ile olur.

b — Dağılma hududu.

Nümunenin dağılma hududunun tesbiti için nümune 3 m/m kalınlığında rule halinde kıvrılmış sünger kâğıdının içerisine sarılarak içindeki su miktarı emdirilir. Su emildikten sonra nümune malzemesi birbirinden ayrılmaya başlar. Bundan sonra malzeme dahilindeki su miktarı tesbit edilir.

c — Şekil muhafaza etme hududu:

Nümunenin içindeki su miktarının kurutma ameliyatı devam ettiği halde malzeme hacminin tenakus etmediği huduttur. Bu suretle nümunenin tamamiyle kurumuş hacmi de tesbit edilmiş olur. (Yani hacim sıkleti tesbiti gibi). Su miktarı ise bilhesap bulunur. Akma hududu ile dağılma hududu arasındaki tefazula plastikiyet emsali namı verilir.

1933 senesinde büyük barajlar hakkında Stokholm'da aktolunan birinci kongrede mühendis inşaatında ve bâhusus toprak barajlar inşasındaki zemin esas emsallerinin tesbiti ile iştigal edilmiş ve İngiltere, Macaristan, Holanda, İsveç, Çekoslovakya, Fransa, Japonya, İsviçre, Almanya ve Avusturya mümessilleri bu husus hakkında ayrı ayrı fikir ve mütalealarını beyan etmişlerdir.
İsviçre murahhası Gruner, Almanya mürahhası Seiffert ve Avusturya murahhası Terzaghi kitapta zikr ve mütalea ettiğimiz yedi esas emsal üzerinde mutabık kalmışlardır. Dr. Gruner 6 emsal ile iktifa etmektedir.

Aşağıda gösterilen cetvel bu emsal hakkında elde edilen neticeyi ihtiva etmektedir. Bu cetvel profesör Terzaghinin bir raporundan iktibas edilmiştir.
Granulometrik terkibin bilinmesi halinde muhtelif netayicin elde edilmesi temin olunur. Bâhusus Stokholm kongresinin neşrettiği neticelere göre âtideki hususların nazarı dikkate alınması icap etmektedir:

a) Tanelerin mütesavi şekillerile kaymağa karşı istidatları arasındaki münasebet,

b) 0.006 m/m den aşağı olan ebaddaki kısımların yüzde nisbetleri veyahut 0.002 m/m den dûn olanların dahilî delk zaviyesi ile nisbetleri,

c) Atterberg'in plastikiyet emsali ile dahilî delk zaviyesinin münasebetleri,

d) Holanda mümessilinin ifadelerine nazaran bir taraftan akma ve yapışma hudutları arasında diğer taraftan da malzemenin metaneti arasında münasebetler mevcuttur. Bu ise izaha muhtaçtır.

Cetvel No. 1

EMSAL	Binnie (İngiliz) 1	Dieter (Macar) 2	Van Es (Hollanda) 3	Fellimus (İsveç) 4	Fiedler (Ç.Slovak.) 5	Frontard (Fransa) 6	Motoki Ono (Jap.) 7	Gruner (İsviçre) 8	Seifcrt (Almanya) 9	Smrcek (Çekosl.) 10	Terzaghi (Avust.) 11	YEKÛN
I. — Muvazenet ve nufuziyet hesabına mahsus cetvel												
1) Delk ve rabıta emsali	.	.	.	1	.	1	.	1	1	.	1	5
2) Nnfuziyet emsali	1	1	1	.	.	.	.	1	1	.	1	6
II. — Dane büyüklüğü ve istif rabıtası												
3) Dane büyüklüğü (Mihanikî tahlil)	1	1	.	.	1	1	1	1	1	1	1	9
4) Kuru maddenin izafî sıkleti	.	.	.	.	1	.	1	1	1	.	1	5
5) Su muhteviyatı	.	.	.	1	.	.	1	1	1	.	1	5
6) Sıkıştırılma kabiliyeti	.	.	.	.	.	.		1	1	.	1	3
III. — Vabeste emsali												
7) Atterberg hududu	.	.	1	.	.	.	1	.	1	.	1	4
8) Tekabbuz emsali	1	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	2
9) Normal vabeste emsali	.	.	.	1	.	.	1	.	.	.	.	2
10) kuru maddenin cer mukavemeti	1	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	2

Cetvelin mütaleasında 4 No. lı haneye malzemenin bazı hassalarının dercedildiği görülür. Meselâ: Malzemenin şaariyeti, su alma kabiliyeti, hava alma kabiliyeti, dağılma sürati, kireç muhteviyatı ve saire yazılıdır. Bunlar büyük bir ehemmiyet kesbetmekte olduklarından burada uzun uzadıya izahat verilmiyecektir. Fikir ve mütalealarını beyan eden mütehassıslardan 1, 2 mütehassıstan fazlası bu emsalin zemin fiziki noktai nazarından lüzumlu olmadıkları kararını vermişlerdir.

b. Doğrudan doğruya inşaat mahallinde icra edilen tecrübeler:

1 — Tahdit edilmiş bir kaide sathı üzerine tahmil tecrübeleri (bu tecrübe ya üst satıh üzerinde veyahut münasip bir derinlikte icra edilir.)

2 — Tecrübe kazıklarının münferit veya grup halinde çakılması,

3 — Temel ile inşaat zemini arasındaki kayma mukavemetinin tesbiti için makaslama tecrübesi,

4 — Terzagi usulü ile ve hidrolik sondaj yolu ile sondaj yapmak,
5 — Zamana tâbi olmak üzere temel çökün tülerinin tayini için irtifa röperlerinin nivelmanı,
6 — İnşaat temelinin dinamik usullerle muayenesi,
7 — Elektrik usuliyle sondaj icrası,

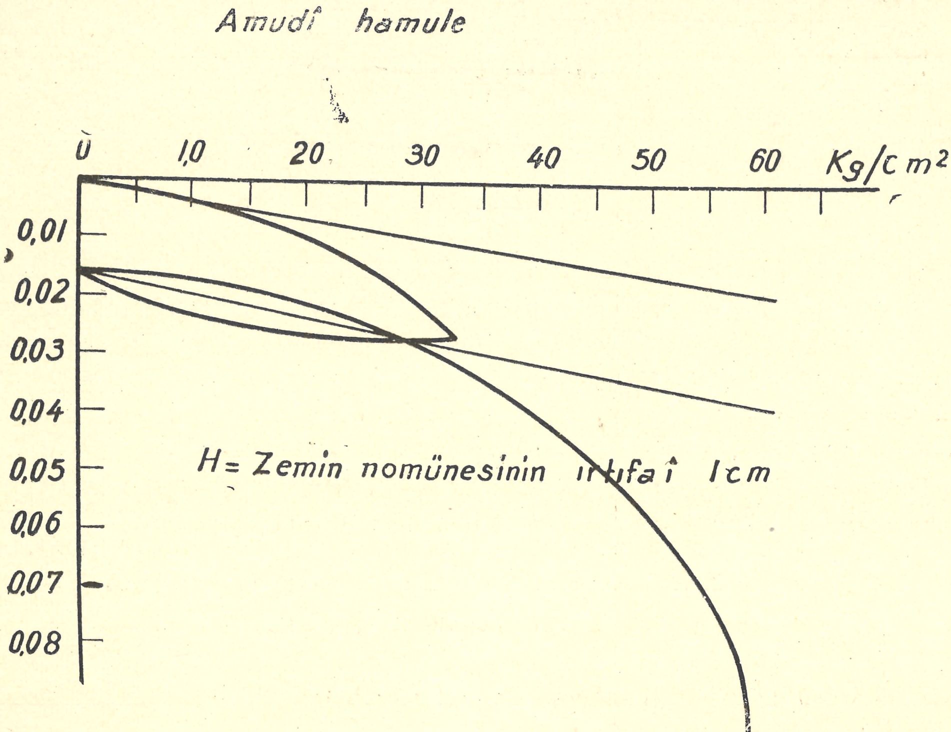
1. Mahdut zemin sathı üzerinde tahmil tecrübesi

Temel malzemesinin inşaat çukuru tabanına konulacak hamule tecrübesi ile mukavemetini küçük bir mikyasta tayine çalışmak Terzaghinin [1] dediği gibi meseleyi ancak sathî bir surette tetkik etmek demek olur.

Bu gibi tahmil tecrübelerinin neticelerine yukarıda beyan edildiği esbaptan dolayı gayet az itimat etmelidir. Temel hakkındaki kat'î fikir ve mütalea ancak asrî zemin fizikinin maksada muvafık bir surette yani evvelce anlatıldığı şekilde esas ittihaz edilerek tatbik edildiği takdirde elde edilebilir.

Bu gibi temel tahmil tecrübeleri ve temel inşaatı hakkında yazılan malûm kitaplarda lâzım olduğu kadar malûmat mevcut olduğu cihetle bu hususa yalnız kısaca temas edilecektir.

Tahmil tecrübelererinin prensibi zemine konulacak hamuleleri ya doğrudan doğruya sulp bir levha üzerine koyarak veyahut hamuleyi bu levhaya bilvasıta yani bir manivelâ tesiriyle yüklemekten ibarettir. Şayet büyük hamulelerin yüklenilmesi müşkülâtlı ise o vakit manivelâ usulü tatbik olunur. Tahmilden dolayı hasıl olan çökmeler mesaha edilerek birbirine amut olan iki hat üzerine ve hamuleye tâbi olmak üzere çizilir. Bu suretle elde edilen diyagrama hamule çökme diyagramı denir. Nümunesi şekil 17 de gösterilmiştir. Burada tahmil tecrübesinde tatbik edilen 3 usul anlatılacaktır:



Şekil : 17

[1] Redlich — Terzaghi — Kampe, Ingenieur geologie Wien 8 Berlin 1929, sahife 470 - 471 : «Tragfähigkeit des Baugrundes und die Setzungserscheinungen. Buna müracaat.

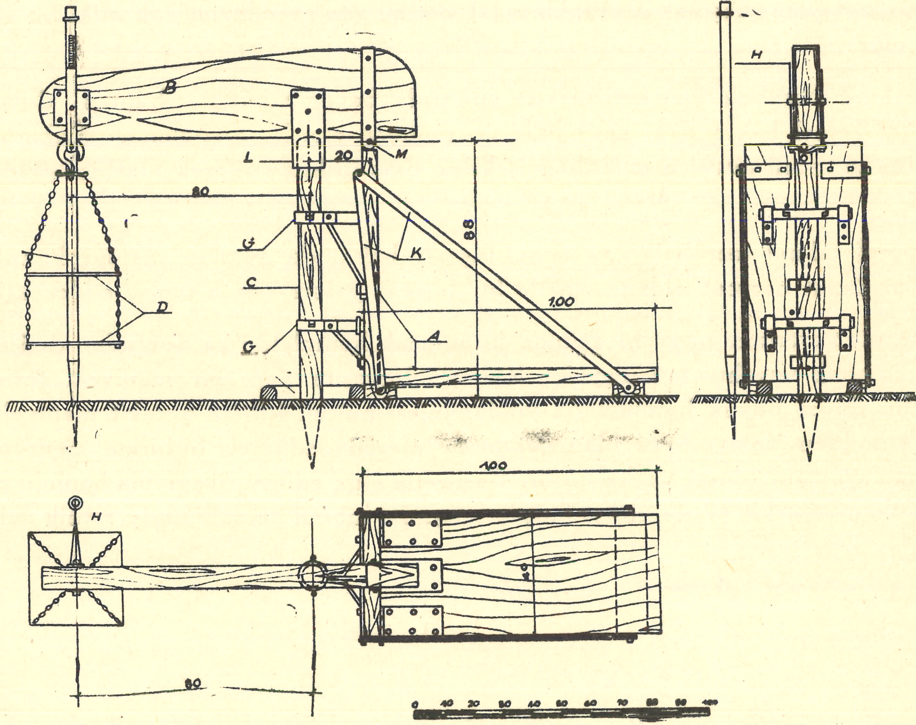
a) Stern tarafından yapılan mahrutî zemin tazyik muayene âleti,

b) Durzingfang tarafından yapılan kompresimetre,

c) Van der Meer tarafından yapılan geoptosimetre,

a) Stern tarafından yapılan mahrutî zemin tazyik muayene âleti, [1]

Stern mahrutî zemin tazyik muayene âletinde ufkî satıhlara malik istampalar yerine mahrut şeklinde bir uca malik bir kazık kullanmaktadır. Bu tertip zeminin çökme seyrini basitleştirir ve ufkî tazyik sathı gibi ilk önce zeminde sıkışmış bir kama teşkil etmeyip bu kamayı bizzat kazığın kendi ucu teşkil eder. Alet şekil 18 de gösterilmiştir.



Şekil : 18

Stern âletinde yeni yapılan ve bilâhare izah edilecek olan âlete nazaran muvazeneten sâkin hamulelerle iş görülür. Ve hamule zeminin cinsine göre 12 ilâ 24 saat zarfında tahmil edilerek ona ait çökme miktarı muayene iğnesi ile ölçülür. Normal hallerde iğnenin azamî batma miktarı 6 m/m. kabul olunur. Gayet müşkül ve mesclâ kule, köprü, silo ve saire inşaatı gibi vaziyetlerde iğnenin ancak 4 m/m batması tevciz edilir.

Tecrübeden evvel zemine bittazyik sokulacak muayene iğnesi gayet sert olarak yaptırılan bir terazi koluna tek kollu bir manivelâ gibi konulmuştur. Bunun tazyik noktası mafsallı bir bulon içinde bulunmaktadır. Her iki manivelâ kolunun tulen birbirine olan nisbeti 1 : 5 dir. (Şekil 18 ze müracaat). Bu nisbete göre; F = 5 P olur. Yani muayene iğnesine vâki olan tazyik hamuleden 5 misli büyüktür. Stern âletinin makta sathı 50 cm² olduğu için iğnenin altındaki zemin tazyiki

$$K\ (Kg./cm^2) = \frac{F}{50} = \frac{5P}{50} = \frac{P}{10}\ Kg. \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (15)$$

Yani terazinin gözüne konulan hamulenin tamamile 1/10 nudur. Terazi gözünün halkasında bir ibre mevcuttur. Bu ibre âletin yanında bulunan ve zemine sokulan iğnenin batma miktarını

[1] Schweizer : Bauzeitung. 1935, sahife : 202

gösteren bir taksimat mikyasını haizdir. İbrenin bilâhare irae ettiği miktar iğnenin battığı miktarın 5 mislini ifade eder. Bu suretle iğnenin 6 veya 4 m/m batması halinde ibre müş'iri 30 veya 20 m/m taksimatı üzerinde bulunmasına sebep olur. Stern usulündeki tecrübeden iki misli emniyet talep edildiği takdirde (15) No. lı muadeledeki K zemin tazyikinin nısfını almak lâzımdır.

Misal: İbre 20 m/m yi gösterdiği zaman terazi gözüne konulan hamule 35 klogram olursa o vakit zemin tazyik miktarı 15. inci muadele mucibince:

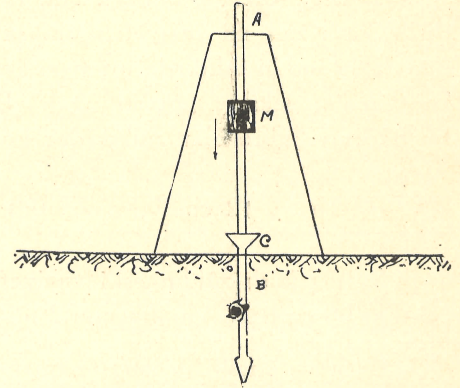
$$K = \frac{35}{10} = 3{,}5 \text{ Kg.}/\text{cm}^2. \qquad \text{bulunur.}$$

ve tecviz olunan zemin tazyiki için 2 misli bir emniyet emsali alınırsa

$$\sigma = \frac{K}{2} = 1.75 \text{ kg.}/\text{cm}^2. \qquad \text{bulunur.}$$

b) Zemin muayenesinin şekil 19 daki kompresimetre ile tarzı icrası:

Durzingfang her hangi bir zeminin taşıma kabiliyetini mesaha etmek için, yani zeminin tehlikeli plâstik çökmeler yapmaksızın taşıyabileceği vahit hamulenin tesbitine yarıyan âletin nazarî ve amelî vasfını tarif etmiştir. Yukarıda tarfi edilen Stern âletine mukabil kompresimetre ile yapılan tecrübeler zeminin dinamik karakteri hakkında bir fikir verebilir. P sıkletinde olan M tokmağı, H irtifaında p sıkletinde ve F maktaında olan bir kazığa düşürülür. Bu düşürmeden dolayı kazık zemine h derinliğine kadar v iptidaî süratile ve R mukavemetiyle girirse; o vakit:



Şekil : 19

$$R.h = \frac{1}{2}\left(\frac{P+p}{g}\right)\cdot v^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (16)$$

$$\text{ve} \quad P.\,v = (P+p)\,.\,v \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (17)$$

olur. İşbu muadelede V, şahmerdan tokmağının H irtfaındaki sukutunda hasıl olan münteha süratini ifade eder. Binaenaleyh

$$V = \sqrt{2g.\,H} \quad ; \text{ bundan :}$$

$$v = \frac{P}{P+p}\sqrt{2g\,H}$$

$$\text{ve} \quad R = \frac{P^2\,H}{(P+p).\,h} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (18)$$

Buna göre zemin tazyik gerilmesi miktarı:

$$\sigma = \frac{R}{F} = \frac{P^2.\,H}{(P+p)\,h.F} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (19)$$

olur.

Muayyen bir âlet içinP, p, F ve H miktarları sabit ve h zemine nüfuz derinliği mütehavvil olduğu cihetle (19) No. lu muadele (K) bir sabiti göstermek üzere

$$\sigma = \frac{k}{h} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (20)$$

şeklinde yazılabilir.

İşbu muadelede sabit kıymeti haiz olan K. âtideki şekilde bir kıymeti haizdir.

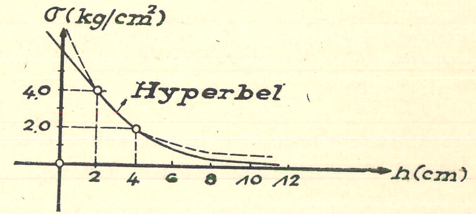
$$K = \frac{P^2 . H}{(P + p) F.} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (21)$$

20 No. lu muadele sakeyn bir kat'ı zaidi ifade eder. Bu âlette Durzingfang tarafından intihap edilen eb'ada göre K = 8 olur. Ve binaenaleyh 20 No.lu muadelede:

$$\sigma = \frac{8.0}{h} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (22)$$

Bu formül kazığın h = 2 den 4 cm. ye kadar inmesindeki zeminin tecviz edilen tazyik miktarını irae eder. (Şekil 20).

Çakılan kazık zemine 2 cm. den dûn girdiği takdirde kat'ı zaitteki vaziyeti mümasa yaklaşır ve 4 cm. den fazla indiği takdirde mümasi kat'î zait şeklini alır. Bu vaziyet şekilde gösterilmiştir. Bu suretle formüle bu hâdiseye göre olan mikdarlar konulduktan;



$h = 12$ cm ve $\sigma = 0{,}3$ kg/cm²

Şekil : 20

Yalnız kat'ı zâidin eski vaziyeti nazarı itibara alınmış olsaydı $\sigma = 0.67$ kg./cm² elde edilecekti ki bu da hakikî miktarının 2 mislini ifade eder.

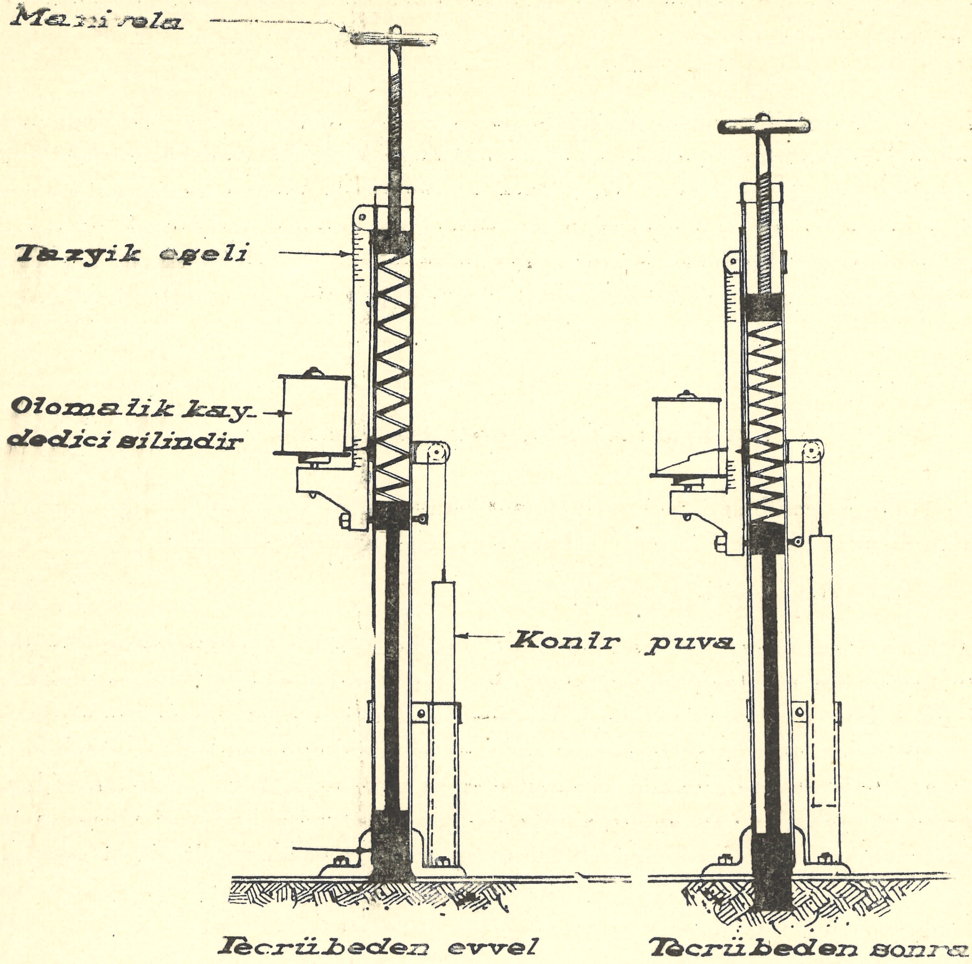
Basit ve amelî bir surette tertip edilmiş olan âlet şekil 19 da görülmektedir. Kazık 1,7 m. tulünde ve F = 1 cm² makta sathına malik A. B madenî çubuğundan ibarettir. Bu çubuk alt kısmında konsolvari bir C başlık levhasiyle mücehhezdir ve alt tarafındaki A mahallinde milimetre taksimatlı bir mira ile bağlanmış ve hey'eti umumiyesi 3 ayaklı bir sehpa üzerine konulmuştur.

M tokmağı kazığın irtifaında hareket eder ve azamî irtifa'a kadar yukarıya kaldırılır. Bu esnada konsola dayanır. Bundan sonra aşağıya düşürülen tokmağın tesiriyle zemin içerisinde hasıl olan batma h miktarı okunur.

c) Zemin muayenesi için henüz az tanılmış olan yeni bir âlet icat edilmiştir. Bu âlet Holandalı Van der Meer tarafından yapılmış ve adına Geoptosimetre denilmiştir. Bu âlet esas itibariyle 10 cm. murabhaında bir makta'a malik ve çelikten mamul bir pistondan ibaret olup bu piston helezonî bir yay vasıtasiyle zemine nüfuz eder. (Şekil 21) de gösterildiği veçhile bu ameliye el ile dönen bir tekerlek vasıtasile temin edilir. 0 ilâ 8 kg./cm² arasında tahavvül eden zemin tazyiki yaylı dinamometre vasıtasiyle ölçülür. Pistonun sathı müstedirine sıkıca temas eden bir çerçevede taksimat mevcuttur. Bu taksimat sayesinde sabit bir üstüvaneye nazaran pistonun nüfuz ettiği miktar ölçülür. İkinci bir taksimat, husule gelen tazyikleri ölçer. Milimetre kâğıdı ile sarılı olan silindir nüfuz miktarlarının otomatik olarak kayd edilmelerine hizmet eder. Bütün bu âlet çelik ten mamul bir taban levhası üzerine monte edilmiştir. Bu levha sıkleti icra etmek için âleti işletecek şahsın üzerinde durmasına müsaittir. Aletin bütün müteharrik parçaları tecrübenin başlangıcında 0 rakamı okunacak surette kontrpuva ile ayar edilmiştir.

Aletin azamî olarak okumağa müsaade ettiği nüfuziyet miktarı 4 cm. dir. Azamî tazyiki ise 80 Kg. dır. Yani 8 Kg./cm² dir. Bu miktarın zeminin tahammülü noktasından tecviz edilen umumî tazyik miktarlarından fazla olduğu aşikârdır. Bittabi kaya zeminleri müstesnadır. Bütün bu âlet 11,5 Kg. sikletinde olduğu cihetle her yere kolaylıkla kabili nakildir.

Yapılan misallerin irae ettiği veçhile hamule çökme diyagramının kıymetleri ilk önce muayyen bir mesafe için müstakim bir hat olup bilâhare birdenbire istikametlerini değiştirerek bir inhiraf noktası arzetmektedirler. Bu inhiraf noktaları elâstikiyetin hududunu ifade etmektedir ki esnayı tahmilde bu emniyet hududu hiç bir vakit geçilmemelidir.



Şəkil : 21 — Koptosimeter.

Aletin mucidi sabit bir hamule ile yapılan tahmilde istampanın zemine nüfuz miktarının istampanın eb'adiyle ne dereceye kadar alâkadar olduğunu tesbite çalışmış ve bu hususun tesbiti için tecrübeler yapılmasını tavsiye etmiştir. Bu gibi tecrübeler evvelce Kögler, Eichhorn ve Press tarafından yapılmış olup bunlar hakkında bu kitabın 2 inci faslında izahat verilecektir. Zemindeki çökme miktarının tahmil sathile olan alâkası nazarî olarak müteaddit defalar tesbit edilmiş ve bâhusus Dr. Fröhlich tarafından dakik ve İng. Fischer tarafından takribî olarak halledilmiştir. Bunlar hakkında gelecek fasılda izahat verilecektir. Her halde temel işi ile uğraşan mühendisler muayyen bir tahmil ile temelin çökme miktarının temel sathının eb'adiyle çoğaldığını veyahut bilâkis zemin plâkının sabit vahit hamule altında zemine girme mukavemetinin plâkın eb'adı büyüdükçe tenakus ettiğini söylemektedirler.

2. Tecrübe kazıkları ile kazık gruplarının çakılması

Tecrübe kazıklarında, hamule kazık başlığı üzerine oturtulur. Yani kazık başlıkları üzerine ağır kirişler konur. Ve bu kirişlere demir rayları, kum torbaları, tuğlalar, su kazanları ve saire yükletilir. Mühendis Fischer'in bizzat yaptığı bir âlette, hamule, zincirlerle ankraj edilmiş gergin bir sütun vasıtasiyle konmaktadır. Ankraj, gayet sağlam demirden yapılan ve demiri tutan anahtarlarla mücehhez kazıklarla yapılmaktadır. Bu usulün tatbikinde bir hamule koymağa ihtiyaç kalmamaktadır. Çökmelerin fasılalarla tezyit edilecek; tazyik ile hasıl olacak miktarı buna mahsus

müş'irden okunur ve ona göre diyagramı çizilir. Bu esnada kil ve marn gibi rabıtalı zeminlerde tazyikin çoğalması için zaman fasılalarını büyük intihap etmek lâzımdır. Sebebi ise, rabıtalı zeminlerin tedricî ve pek çok defalar gayet batî tahaccür veya tasallûp etmeleridir. Bu hususta kitabın 3 üncü faslında geniş izahat verilecektir.

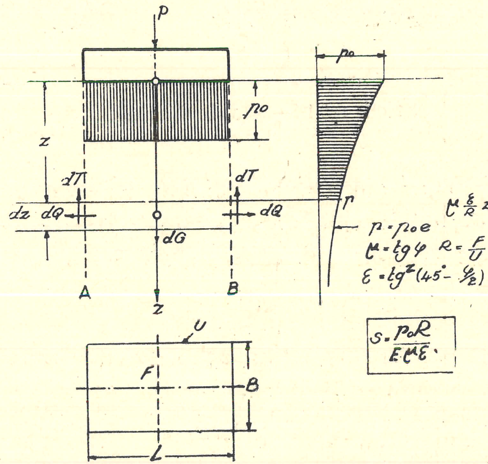
Kazık gruplarının çakılmasında n adet kazıktan mürekkep bir gurupun mütecanis bir zeminde vâki mecmu tazyikinin ancak 1/n mislini münferit bir kazığın taşıyabildiği göz önünde tutulmalıdır. Sebebi ise, her bir kazığın mahrutu kaim şeklinde ve kaidesi alt tarafta bulunan bir tesir mantıkasına malik olmasından bu tesir mantıkalarının kazıkların sıkı olduğu zaman yekdiğerini kat etmeleridir. Bu takdirde kazık grupunun taşıma kabiliyeti azalır. Bu husus Göteberg'de İsveçliler tarafından yapılan tecrübelerle Terzaghi'nin verdiği izahattan tahakkuk etmektedir.

3. Tahmil tecrübesinin mütekâmil şekilleri:

Mütekâmil tahmil tecrübeleri mecmu zemin mukavemetini bir temelin dip mukavemeti ile sathı müstedir delkinden ibaret iki esaslı rüknün e ayırmak esasına müstenittir.

Michigan'lı profesör Housel'in usulü [1]

Küçük satıhlar üzerinde yapılan statik tahmil tecrübeleri inşaat mühendislerince öteden beri malûmdur. Bu hususta muhtelif aletler kullanılır. Biz yalnız (Stern) in âletini «Schwedische Kegelprobe» yi «Sondbornig» i, su «vérin» lerini ve ilâh.. zikredeceğiz. Maalesef, bütün bu tecrübelerin verdiği neticeler tatmin edici olmaktan uzaktır. Zira bugün malûmdur ki sabit bir hamule tahtında batma miktarları aynı bir zemin için muayyen ve sabit bir kıymeti haiz olmayıp bilâkis, mütehavvil oldukları gibi tahmil edilen sathın gerek ebadına gerekse şekline vâsi mikyasta tâbidirler. (Aichhorn) un pek maruf olan tecrübeleri (Şekil I) bu vâkıayı vazih suretle ispat eder. Temel a-



Şekil : I — Fişere göre tasmanların hesabı

meliyatında, bütün statik tahmil tecrübelerinin şimdiye kadar keyfî ve ekseriya gayet küçük olan bir tek satıh üzerinde yapılmış olması dolayısile ve bilhassa bina temellerinin satıhlarının tecrübelerdeki tahmil satıhlarının umumiyetle birkaç misli olduğu nazarı itibara alınırsa bu tecrübelerden alınan neticelerin oldukça şüpheli ve mutlak surette esassız olduğu iddia edilebilir.

---

[1] W. S. Housel, temellerin tatbiki ve zemin mihaniki «Beynelmilel Köprüler ve İskeleler birliğinin ikinci kongresi nihai rapor Berlin 1939.

Küçük bir satıh üzerinde yapılan tecrübelerden alınan neticeleri bir binanın temellerinin büyük satıhlarına teşmil etmek mutlak surette muzlim bir iştir. Fakat son zamanlarda ortaya konulan Amerikan usulleri vaziyeti değiştirmiştir.

Birleşik Amerika Hükûmetlerinden Michigan'da «Sivil mühendislik dairesi» ne mensup W. S. Housel beynelmilel köprüler ve iskeleler birliğinin 1936 senesinde Berlinde akdettiği ikinci konferansında bu mesele üzerine nazarı dikkati celbetmişti. Houselin, kendi yapmış olduğu tecrübelerden bahseden raporu gayet vazıh olup temel meselelerile meşgul olan bütün mühendisler tarafından nazarı itibara alınmaya değer.

Amerikalı müdekkik, evvelâ, bir tek satıh üzerinde yapılan statik tahmil tecrübelerinin kanaatbahş neticeler veremiyeceğini ileri sürüyor ve bundan şunu istintaç ediyor ki mühendisler tarafından mazide yapılmış olan statik tahmil tecrübelerinin ekserisi ve bugün temel ameliyatında yapılmakta olan bu nevi tecrübelerin büyük bir kısmı mutlak surette hakikatten çok uzak neticeler vermektedir.

Michigan'da niçin muhtelif şekil ve büyüklükte satıhlar kullanılarak tecrübeler yapılmış olduğu bu izahattan kolayca anlaşılır. Bu tecrübeler, (murabbaî, dairevî yahut mustatilî olabilen) kaide şeklinin, aynı zamanda tahmil sathı eb'adının tesirini tetkik etmek ve dolayısiyle, mecmu mukavemetinin, kaide mukavemeti ile çevre delkinden ibaret iki esas unsurunu tefrik etmek maksadile yapılmıştır.

Bu tecrübelerde varılan ilk netice şu olmuştur. Yuvarlak şekil (daire şekli) bu nevi tecrübeler için en mükemmel ve ideal bir şekildir. Zira toprak altı tazyiklerinin az çok mütekâsif bir tahmil civarında intişarı, mahrutî satıhlar istikametince vuku bulmakta ve bu yüzden murabbaî bir sathın köşeleri mukavemete iştirâk etmemektedir.

Bunun üzerine Housel 1, 2, 4 kadem murabbaına müsavi muhtelif mesahaları haiz dairevî satıhlarla yaptığı on beş seri tecrübeye istinat ederek zeminin mecmu P mukavemetinin S müstedir sathına taksiminden çıkan harici kıymet arasında hattî bir münasebet bulunduğunun büyük bir takribiyetle kabul edilebileceği neticesine varmıştır. Yani:

$$p = n + m. \left(\frac{P}{S}\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (I)$$

Bu münasebetteki «m» ve «n» zemininin bünyesine tâbi iki sabit kıymettir. Derhal görülebildiği veçhile «n» miktarı temel kaidesinin vahit sathına isabet eden mukavemeti irae eder «m» ise tahmil edilen sathın altındaki zemin kısmı için çevrenin (metre olarak) vahit tulüne isabet eden delk kıymetinden ibarettir. «m» ile «n» in tayin edilmesi için (P) ile ($\frac{P}{S}$) in mütenazır kıymetlerinden birer çiftini ihtiva etmek üzere (I) şeklindeki muadelelerden iki tanesi elde edilmiş olmalıdır. Mahaza «ekalli murabbaat» kanunu ile hatâyı tevzin edebilmek için nazariyenin gösterdiğinden daha fazla adette tecrübe yapmalı, yani muhtelif satıhlarla daha doğrusu ($\frac{P}{S}$) in muhtelif kıymetleri ile her halde iki ve en aşağı üç tecrübe yapmalıdır.

D kutrunda daire şeklini haiz bir kaide için:

$$\frac{P}{s} = \frac{4}{D} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (II)$$

yazılabilir ve (I) muadelesi şu şekle girer:

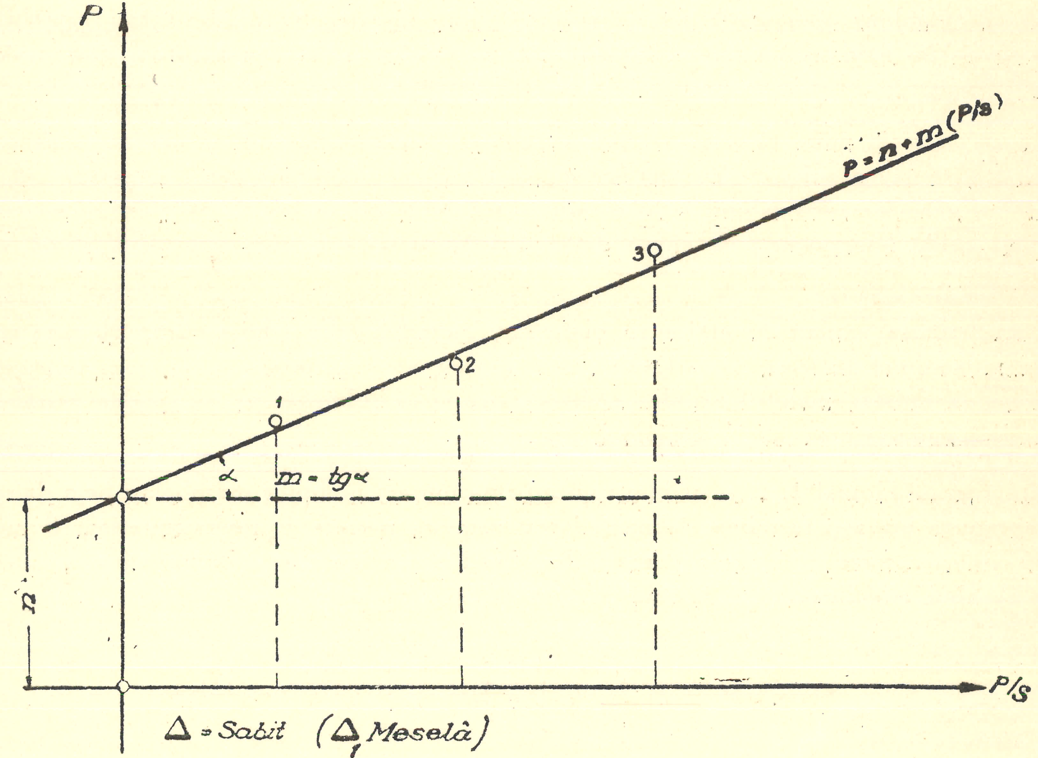
$$p = n + \frac{m'}{D} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (I\,a)$$

Bu sonuncu münasebette:

$$m' = 4\ m$$

vazolunmuştur.

(Şekil II), vahit imtidadındaki zeminin mukavemetine müsavi p ile müstedir sathın bir metre murabbaına müsadif mukavemetten ibaret ($\frac{P}{S}$) in üç çift kıymetinin tevzin edilmesi suretile «m» (m') ve «n» miktarlarının taharrisini bir grafikle irae etmektedir. «Tahmil - Batma» diyagramla-



Şekil: II.

rından üç tanesi ianesiyle (Δ) tasman miktarlarının muhtelif kıymetlerine tekabül eden «m» ve «n» kıymetleri bulunabilir. Şekil III ve IV e bakınız) ve «m» ile «n» için birer münhani çizilebilir. Fakat bir temel kaidesinin kritik tahmili yani cüzî arttırılmasile mütemadî (daimî) batma vukua gelen tahmil, doğrudan doğruya «m» ile «n» e tâbi olmayıp K_I ve K_{II} diye tesmiye edilen ve ifadeleri aşağıda gösterilen diğer iki miktarın tâbiidir.

$$K_I = \frac{\Delta}{n} \qquad \text{(III)}$$

$$K_{II} = \frac{m}{n} \qquad \text{(IV)}$$

Kritik tahmil ya K_I in asgarisine ya K_{II} nin azamisine tekabül eder. Basit bir mülâhaza bu kaziyesinin sıhhatini isbat edebilir.

K_I kıymetleri (III münasebeti mucibince) bidayette (küçük tasmanlar için) tenakus edecek-

tir. Zira kritik gayeye kadar «n» kıymeti (Δ) dan daha seri olarak tezayüt eder. Bu had geçtikten sonra (mütemadî) Δ tasmanları «n» in kıymetlerinden daha seri olarak tezayüt eder. Tabiri diğerle K_I in asgarisi zemin mukavemetinin nihayete ermesine ve inkıtasız mütemadî batmaların başlamasına tekabül eder.

Diğer taraftan bir çok hallerde K_{II} nin azamî kıymeti mukavemet haddine vasıl olduğunu iş'ar edebilir. Bunun için iltisak kuvveti binnisbe büyük ve dolayısiyle «m» sathı müstedir delki fazla olan ve aynı zamanda dip mukavemeti cüzî bir miktara müsavi bulunan bir zemin mevzuubahs olduğunu tasavvur edelim. Temelde meselâ sabih kazıklarla teşkil edilmiş bir temel olsun. Bu takdirde mukavemeti temin eden bilhassa «m» in büyük kıymetleridir. Sathi müstedir delki hitam buluncaya kadar «m», «n» den daha seri olarak tezayüt edecek, bu hadde vasıl olunduktan sonra «n» dip mukavemetinin artık gayrı kâfi gelmesi ve bu had tecavüz edildiği takdirde $\frac{m}{n} = K_{II}$ miktarının tenakus etmeye başlaması dolayısiyle mütemadî batma safhası başlayacaktır. Binaenaleyh, burada kritik haddi bildiren K_{II} nin azamîsidir. Bir kere K_I min. yahut K_{II} max. bulunduktan sonra herhangi bir temel için kritik tahmilinin hesaplanması kolaydır.

Şekil IV teki diyagramdan, sırasile K_I min. ve K_{II} max. a tekabül eden «m» ve «n» in kıymetleri istihraç olunabilir. $\left(\frac{P}{S}\right)$ m + n = p şeklindeki (1) münasebeti kullanılarak ve bir temelin malûm bulunan ebadı için $\left(\frac{P}{S}\right)$ harici kısmının malûm kıymetinden istifade edilerek vahit satha isabet eden kritik p hamulesinin kıymeti bulunur. Bu kıymet emniyet emsaline taksim edilerek zeminin emniyet gerilmesi elde edilir. Nihayet diyagramdan da gerek (K_I min. veyahut K_{II} max.a tekabül eden) kritik batma miktarı gerekse — kritik batma emniyet emsaline taksim edilerek — hakikî batma miktarı istihraç olunur. Bu miktar, tasavvur edilen bir temelin altında vuku bulacak muhtemel tasmandan ibarettir. Görülüyor ki Housel'in usulü kullanıldığı takdirde muhtemel çökme miktarlarının kestirilmesi tam bir muvaffakiyetle yapılabilir.

Neticeler üzerinde yapılması lâzım gelen tashihat:

Yukarıda tarif edilen tecrübeleri yaparken aşağıdaki tashihatı nazarı itibara almak lâzımdır:

a) Tazyikin icra edildiği sathı ihata eden kısmın üzerindeki sıkletin tesiri,

b) Ölü sıkletten yani tecrübe plâkasının vezni ile tecrübe tertibatının ve cenderelerin zatî vezninden dolayı tecrübelerin başlamasından evvel vuku bulmuş olan batma,

c) Temel sathının zemin seviyesi tahtındaki derinliğinin tesiri,

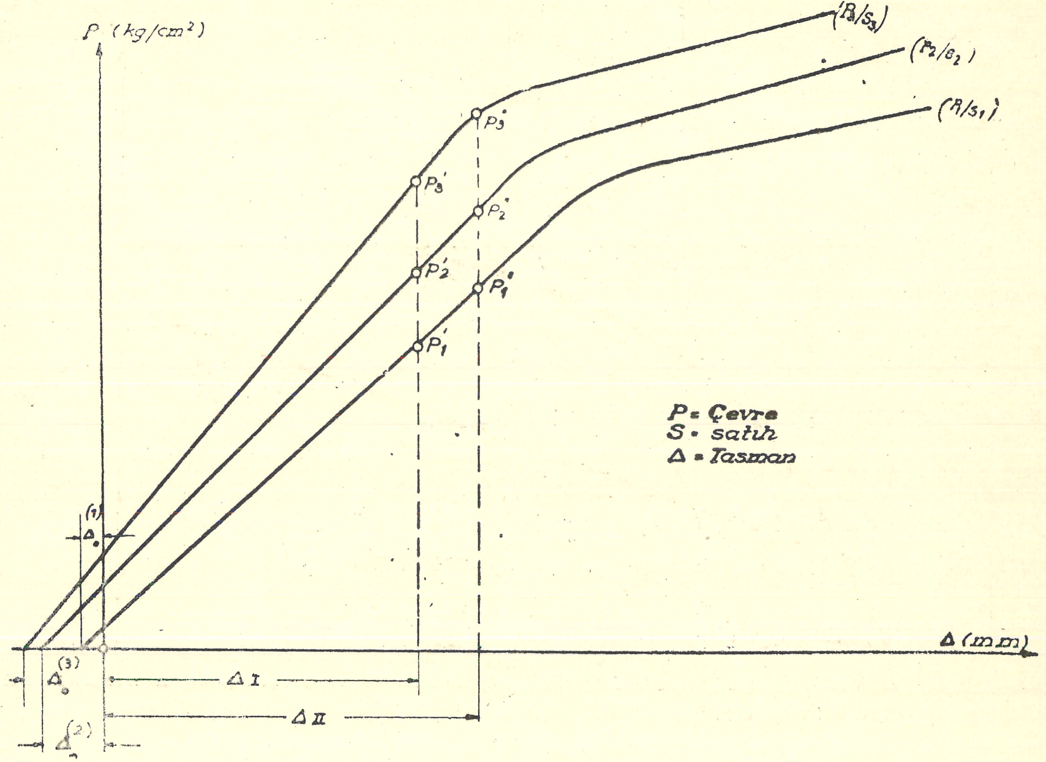
d) Zamanın tesiri,

a, c, d maddelerindeki tesirler hakkında tafsilât vermekten sarfınazar ederek bu hususta fazla izahat almak istiyenlerin zikrettiğimiz mehaza başvurmalarını tavsiye edeceğiz. (b) maddesindeki tashihata gelince bu hususta kısa bir izahat vererek müteakip fasılda aynı mevzua tekrar temas edeceğiz.

b) Maddesinde zikredilen tashihat.

«Tahmil - batma» diyagramını çizerken, tecrübe plâkası ile diğer tertibatın vezinlerinden ibaret bir ölü sıkletin mevcudiyeti dolayısiyle, daha mesahaya başlanmadan evvel zeminin tahmil

edilmiş bulunduğu unutulmamalıdır. Bu hatânın tashihi grafikman (resmî olarak) yapılır. Şöyle ki (Şekil III) de nokta nokta gösterilmiş olan müstak im istikametinde, diyagram geriye doğru müstakimen temdi tolunur. Bu suretle ölü sıklete tekabül eden Δ_0 tasmanının kıymeti elde edilir. İşte, sabit olan bu kıymetin mevzuubahs batma miktarlarına ilâve edilmesi lâzımdır.



Şekil: III.

Viyanalı Dr. Mühendis O. K. Fröhlich'in usulü [1]

İzmitte «Sümerbank» tarafından yaptırılan kâğıt fabrikası iskelesinin temeli için toprak altına ait taharriyat yapılırken aşağıdaki usul tatbik edilmiştir. Bu iskelenin temelini vücude getirmek için tasavvur edilen beton kazıkların maruz kaldıkları mukavemeti tahlil etmek ve dip mukavemeti ile sathı müstedir delkinden ibaret bulunan iki tesiri birbirinden ayırmak maksadile Dr. Fröhlich yapacağı tecrübeler için 45×45 santimetre maktaında ve 22 metre uzunluğunda bir betonarme kazık intihap etmişti. Bu kazık mecmu tulünün onsekiz metresi toprağın derununa girecek ve geri kalan dört metresi toprağın haricinde kalacak şekilde yere çakıldı. (Şekil V).

Malûm şekilde çizilen ve şekil üzerinde «D» harfi ile irae edilen «tahmil - batma» diyagramını elde etmek için, evvelâ, tahmil tecrübeleri yapıldı.

Tahmil tecrübelerinin hitamından onbeş gün sonra Fröhlich, kazığın çıkarılması yani kazığa cer kuvveti tatbik edilerek bir yandan yükselme miktarının ölçülmesi hususunda emir verdi. Bu sonuncu tecrübe sayesinde, «tazyik - batma» diagramına müşabih olmak üzere, şekil üzerinde Z ile karakterize edilmiş bulunan «cer - yükselme» diyagramının çizilmesi mümkün oluyordu. Aşikârdır ki, bu usulle bulunan cer kuvvetleri sathı müstedirdeki delk kuvvetleri ile (kazığın cenbî delk kuvvetleri ile) aynı kıymeti haizdirler [2]

[1] 1939 senesi Ağustos ayında, Dr. Mühendis O. K. Fröhlich'in Ankara Nafıa Vekâletinde verdiği konferans.

[2] Z ile irae edilen cer kuvvetlerinin kıymeti şekil üzerinde «D» nin kıymetlerinden istihraç edildiği cihetle «Z» münhanilerinin tertipleri dip mukavemetlerini ifa eder.

Tecrübelerin başlamasından evvel mecmu ölü sıklet (kazığın sıkleti, sous - pression'un kıymeti ve su vérinlerinin ölü sıkleti mecmuu) cer tecrübeleri için 6.0 ton idi.

2 t sıkletinde olan su cenderesi terkedilerek mevzuubahs tecrübe için ölü sıklet 6.0 - 2.0 = 4.0 tona müncer olmuştu. (Şekil V teki diyagrama bakılsın).

Şekil: IV.

18 tondan ibaret azamî cer kuvveti kazığının daimî yükselmesini temin etmekte, tabiri diğerle bu kuvvet tahtı tesirinde kazığın cerre karşı mukavemeti nihayete ermekte idi. Derhal hamulenin inzali cihetine gidildi ve inzal münhan'si çizildi.

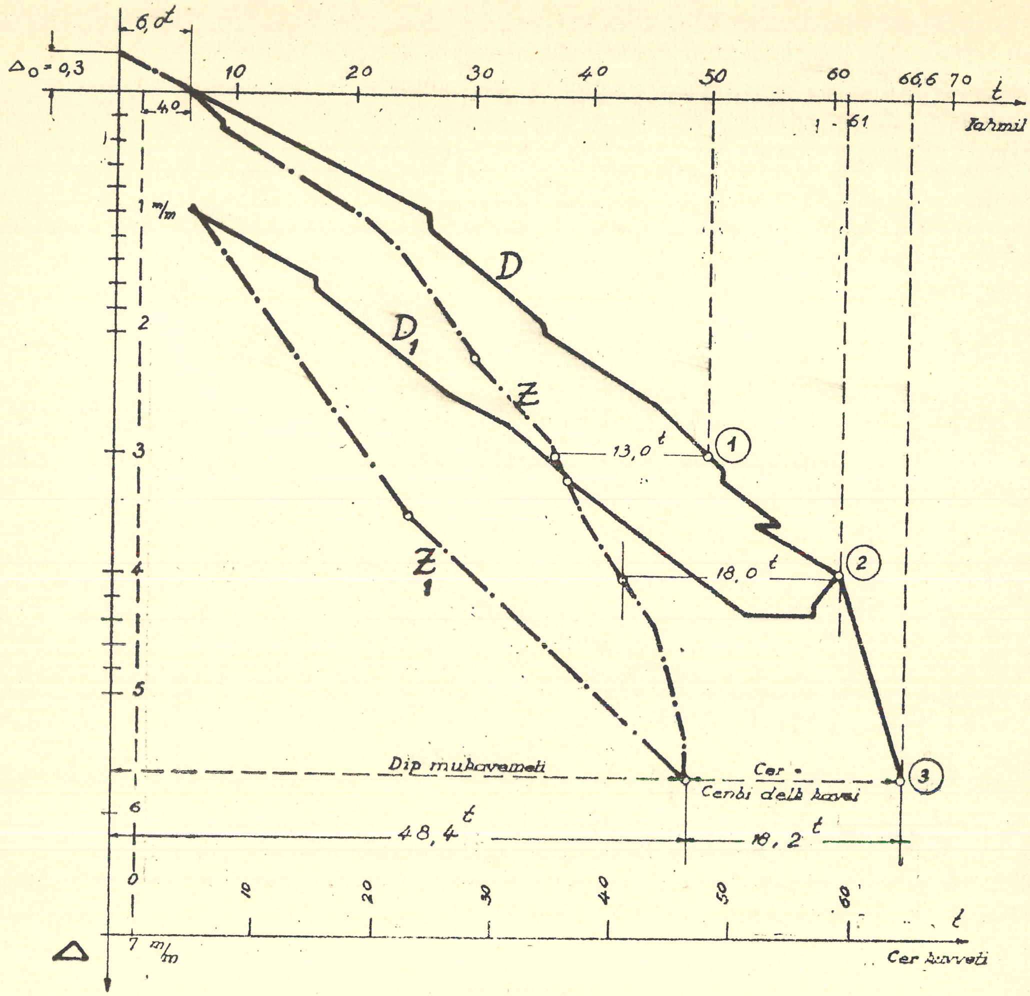
Şurası şüpheden azâdedir ki 66.6 — 4.0 = 62.6 tondan ibaret bulunan mecmu mukavemet 18 tona baliğ olan sathı müstedir delki ile 62.6— 18.0 = 44.6 ton kıymetindeki dip mukavemetinden mürekkepti.

Fröhlich'in tarif ettiği usulün kullanılması sayesinde evvelce anlatılan tecrübeleri yapmağa hacet kalmaz, yani muhtelif tahmil satıhları ile birkaç seri tecrübe yapmak lüzumu ortadan kalkar. Zira, çevre delkinin «cer kuvveti» şeklinde doğrudan doğruya tayini sayesinde mecmu zemin mukavemetinin, dip mukavemeti ile çevre delkinden ibaret aksamı asliyesine tahlili muvaffakiyetle ve hiç bir müşkülâta maruz kalmaksızın mümkün olmaktadır.

Bundan sonra m, n, K_I ve K_{II} karakteristik kıymetlerini kolayca bulabiliriz. İşte bu miktarların hesabını aşağıda gösteriyoruz:

m, n, K_I ve K_{II} zemin karakteristiklerinin tayini,

Yukarıdaki izahata nazaran, «tahmil - batma» diyagramının (şekil V) üç noktası için bu hesabı yapmak çok alâkalı ve istifadelidir.



Şekil: V.

Yapıalcak hesaba ait malûmat aşağıdaki cetvele dercolunmuştur.

Cetvel

Batma miktarı	Tazyik Pr.	Cer	Dip mukavemeti
Δ	Pr	Z	w
1) 3.0 mm.	50 t	13.0	37.0 t
2) 4.0 mm.	61 t	18.0	43.0 t
3) 5.64 mm.	66.6 t	18.2	48.4 t

Ölü sıklet dolayısiyle tashihat yapılarak 6.0 tona müsavi bir tahmil farkı için $\Delta_o = 0.3$ mm kadar bir batma miktarı bulunur. Bu kıymet, «tahmil - batma» diyagram kıymetinin geriye doğru müstakimen temdidi ile elde edilir. (Şekle bakınız). Binaenaleyh, tashih edilmiş batma miktarları:

1) $\Delta_1' = 4.0 + 0.3 = 4.3$ mm.
2) $\Delta_2' = 3.0 + 0.3 = 3.3$ mm.
3) $\Delta_3' = 5.64 + 0.3 = 5.94$ mm.

olup

sathı $S = 45 \times 45 = 2025$ cm^2 ve satıh taksim çevre $P/S = 0.089$ cm^{-1} kıymetleri ianesile :

$$P = n + m.P/S \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

muadelesinden «m» ve «n» miktarlarının kıymeti istihraç olunur.

$P = Pr/S$ $\quad n = W/S \quad$ ve $\quad m = (p - n). S/P$

Bu suretle diyagramın (1), (2) ve (3) noktaları için:

1) $n = 18.27 \ kg/cm^2$ $\quad m = 72.2 \ kg/cm$

2) $n = 21.23 \ kg/cm^2$ $\quad m = 100.0 \ kg/cm$

3) $n = 23.90 \ kg/cm^2$ $\quad m = 101.1 \ kg/cm$ bulunur.

Bir kerre daha söyliyelim ki m ve n mkitarları tahmilin kritik gayesinin neden ibaret bulunduğunu kestirebilmek için kâfi gelmez. Bundan maada (III) ve (IV) e göre K_I ve K_{II} miktarlarını hesap etmek icap eder.

1
$$K_I = \frac{0.33}{18.27} = 0.0180 \ cm^3/kg.$$
$$K_{II} = \frac{72.2}{18.27} = 3.952 \ cm.$$

2
$$K_I = \frac{0.43}{21.23} = 0.0203 \ cm^3/kg.$$
$$K_{II} = \frac{100.0}{21.23} = 4.710 \ cm.$$

3
$$K_I = \frac{0.594}{23.90} = 0,0249 \ cm^3/kg.$$
$$K_{II} = \frac{101.1}{23.90} = 4.230 \ cm.$$

Yukarıdaki neticelerden anlaşıldığına göre, K_{II} miktarı (2) inci şıkta azamisine vasıl olduğundan bu şık tahmilin kritik gayesini teşkil eder. ($Pr = 61000$ kg) fakat tazyikin bu kıymetinden 4000 kg ma müsavi ölü sıkleti tenzil etmeyi unutmamalıdır ki, bu suretle kritik tahmil için 57000 kg. kıymeti elde edilir.

İzmitteki iskelenin projesinde kazıkların nafi hamulesi 15 ton olarak kabul edilmiş olup mezkûr inşaat için emniyet emsali:

$$S = \frac{57000}{15000} = 3.80$$

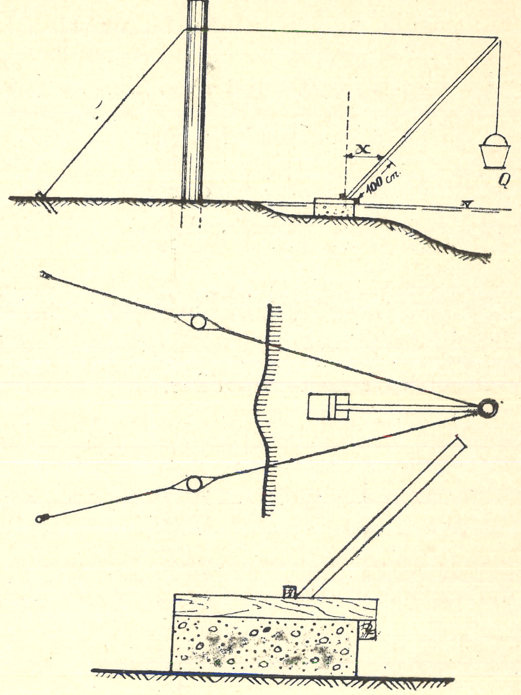
den ibarettir.

Elde edilen netice şu bakımdan hayret uyandıracak mahiyettedir ki kritik hamuleyi veren, tahminin hilâfına olarak diyagramın (3) numaralı noktası değil (2) numaralı noktasıdır. K karakteristik miktarlarını tayin etmemiş olsaydık bu neticeyi elde edemezdik.

3 — Temel inşaat çukuru arasındaki kayma mukavemetinin tesbitine mahsus makaslama tecrübeleri

Braunshweigdeki Pr. Möller zemin ile inşaat malzemesi arasındaki kayma mukavemetinin tesbiti için âtideki usulü tavsiye etmektedir. (Şekil 22, 23, 24).

Ahşaptan mamul bir çubuk alt tarafındaki levhaya mafsallı olarak merbuttur. Bu levha muayene edilecek malzemeden ve meselâ betondan olacaktır. Tecrübe ahşaptan mamul bir kapağın tavassutu ile icra edilir. Tecrübe levhası muayene edilecek zemin malzemesinin üzerine mülâsik olarak konur. Çubuğun yukarıki ucuna muayyen bir Q sıkleti ile bir tesir icra ettirilir. Ufkî bir surette gerilmiş bir veya icabında iki ip ile çubuk yukarıya doğru gerilir. Bu ip şakulî vaziyette bulunan bir kazığa sarılarak tesbit edilir. Bu ipi gevşetmek suretile çubuğun meylinin, en nihayet levhanın kayması vuku buluncaya kadar küçültülmesine devam edilir. (Şekil 24) Tertibat öyle intihap edilmelidir ki muhassala kuvveti levhanın alt kaidesini ortasından kat etsin.



Şekil : 22, 23 ve 24 Malzeme ile zemin arasındaki kayma mukavemetinin tayinine mahsus Prof. M. Mûllere göre tecrübe usulleri

Yapılan tecrübelerden Möller, sağlam yataklanmış bulunan çakıl üzerinde tokmaklanan bir beton gövdenin delk emsalinin; tg $\vartheta = 0.8$, yani $\vartheta = 38^0\ 40'$ ya kadar varan bir mikdara malik olmasının haddi tecviz dahilinde bulunacağı neticesine varmıştır. Möllerin elde ettiği tecrübe usullerinin her inşaat mahallinde kolay ve zahmetsizce tatbiki mümkündür.

4 — Terzaghi usulündeki hidrolik sondajın icra şekli:

Bu âlet esas itibariyle zemine hidrolik bir tazyik vasıtasile sokulan konik bir borudan ibarettir. Mahrutun gömleği; bunun zemine girmesinden mütevellit mukavemet derinliğe tâbi olmıyacak surette yapılmıştır. Mahrutun tesirile oyulan zemin bir su hüzmesi vasıtasiyle harice atılır.

İsveç sondaj aleti helezonî bir burgudan ibaret olup (bu hususta 1914 - 1922 İsveç devlet demiryolları jeoteknik komisyonunun raporuna müracaat) çok miktardaki demir çubuklar zemine sokulur ve 100 kilograma kadar tahmil edilir.

Bu aletin kullanılmasile âtideki kıymetler tesbit edilir:

Hamule miktarı,

Tedvir manivelâsının devir adedi.

Her tahmil kademesine ait çökme miktarı.

Bu rakamlar sayesinde istihsal edilen neticelerden aynı zemin şeraitine malik mantıkalar için ancak mukayeseli kıymetler elde edilir. Bu usul dairesinde büyük inşaat mahallerinde ve uzun olan temellerde bir çok noktalarda yapılacak muayene neticesinde kısa bir zaman zarfında zeminin tecanüsü tesbit edilir.

5 — Temel çöküntülerinin tayini için irtifa röperlerinin vaz'ı ve bunların nivelmanı.

Terzaghi her yazdığı makalede çöküntü rasatlarının büyük ehemmiyeti olduğunu zikretmek hususunda her fırsattan istifade etmiştir. Türkiyede de temel çöküntülerinin ehemmiyeti çok sene evvel anlaşılmış ve bundan dolayı İstanbul ve Galata rıhtımlarının tasmanlarının rasadına kırk sene evvelden beri başlanmıştır Bu rasatlara müsteniden tarafımızdan çizilen zaman tasman münhanisi yani tasmanın zamana tâbiiyetini gösteren cetvel bu kitabın nihayetine konulmuştur. Bu gibi mesahalar için kullanılan vasıtalar gayet basit olup en ziyade inşaat mahallerinde bulunmaktadır.

Rasat noktası olarak kürsü ayağı, ayak levhası, demir kazık, mesnet duvar taşı veya zemine sokulacak hususî demir çubuk kullanılır. Bina inşasında bu gibi rasat demir çubukları arzu edilen yere röper olarak tesbit olunabilir. Bu yoldaki irtifa mesahaları en ziyade nivelman aleti ile yapılır. İçine girilmesi ve âletin kullanılması müşkül olan yerlerde yani tavanı basık bodrumlarda, rasat hücrelerinde veya köprülerin altında bu mesaha adi su terazilerile yapılır. Bu mesahaların icrası için temellerde, toprak seddelerde, yani tasmanları kontrol edilecek inşaatta tasmana mahsus işaretlerin tertip edilmesi lâzımdır. Bu işaretlere mahsus esas röper sabit levhanın içerisine konan cam borunun içine yukarı ve aşağı hereketini delk ve temas vukubulmaksızın icra edilebilecek ve ayni zamanda tasman husule gelen tabakalara kadar uzanmış bir demir çubuk konur. Mütehassıs Loos muayene edilecek binanın tasmanı ile alâkadar olan hususatı tesbit etmek ve bundan iyi ve müsbet bir netice alınmasına büyük bir ehemmiyet vermektedir. Bu hususat şunlardır:

a — Tecrübe sondajlarının neticeleri

b — Zeminin, inşaatın zati sıkleti ve nafi hamule ile tahmili.

c — Hamulelerin değiştiği muayyen zamanların tesbiti.

d — Mevzuubahs inşaatın yanında bulunan başka inşaat, mürur ve uburdan hasıl olan kuvvetli sarsıntılar, zelzeleler, feyzanlar gibi haricî tesirler.

e — Rasat noktalarının yukarıda tarif edildiği veçhile ölçülmesi.

f — Yeraltı su seviyesinin rasat ve mesahası.

6 — Profesör Dr. Hertwig'e göre inşaat zemininin dinamik usuller ile zeminin muayenesi:

İnşaat çukurunun tahmil suretile muayenesi esnasında elde edilecek netice en çok tahmil sathının şekil ve eb'adına tâbidir. Bu husus hakkında gelecek fasılda daha sarih olarak malûmat verilecektir. Bundan başka elde edilecek netice mahallî ahval tesiri altında bulunur ve en nihayet derinliklere icra edilen tesir en ziyade tahmil sathının eb'adına tâbidir. Evvelce bildirildiği veçhile bir temel parçasının tasmanı 20 ile 30 metre aşağıda bulunan tabakalardan vücude gelebilir. Bu sebepten dolayı pek nadir hallerde statik bir hamule ile yapılan tecrübe tahmilleri vasıtasile daha derinliklerdeki tabakaların taşıma kabiliyetlerini dahi tesbit etmek mümkündür.

Bundan dolayı diğer malzeme muayene usullerinde olduğu gibi basit statik muayene usulleri yerine dinamik metodlar kullanılmağa başlanmıştır. Bu metodla muayene edilecek zemin ihtizazlara maruz bırakılır. Burada da bu metodun ancak mühim olan taraflarından ve ihtizaz nazariyesine vukufu olmıyanlara metodun en mühim hususatından bahsedilecektir.

Bir ihtizaz makinesi muayene edilecek zeminin üzerine yerleştirilir. Bu makine zemini Sinus münhanisi şeklinde ihtizaz ettirir. Bu ihtizazlara git gide azalan mecburî ihtizazlar denir.

İlk önce ihtizazın şekline göre serbest ve mecburî ihtizaz şekilleri birbirinden tefrik olunur. Bu tefrik keyfiyeti şöyledir: Eğer ihtizaza gelen cismin muvazeneti her hangi bir sebepten

bozularak kendi kendine bırakılır ve bu cisim de serbest olarak ihtizaza başlarsa buna serbest ihtizaz denir. Ve eğer hali ihtizazda bulunan cisim hariçten yeni darbeler vasıtasile ihtizazına devam ettirilir, yani bu cisim hariçten mecburî ihtizazlara tâbi tutulursa buna da mecburî ihtizaz denir. Yeniden tatbik edilen ihtizaz darbeleri cisme bir, iki veya daha fazla ihtizazlar yaptıktan sonra tatbik edilirse bu tesirler toplanarak git gide büyür ve bundan dolayı rezonanslı bir tesir vücude gelir. Darbelerin kuvveti cismin kendi ihtizazlarından daha seri veya daha bati olursa bu darbeler cisimdeki ihtizazları tecil eder.

Mecburî ve fakat git gide azalan ihtizaz hareketi atideki tefazulî muadele ile ifade edilir.

$$M \frac{d^2x}{dt^2} + b. \frac{dx}{dt} + c\,x = P. \sin \omega t \quad \text{.................} \quad (23)$$

ve her iki taraf M ile taksim edildikte ve

$$\frac{b}{M} = 2\,\lambda\,\mu\,; \qquad \frac{c}{M} = \alpha^2\,; \qquad \frac{P}{M} = \beta$$

yazılar yapıldıkta muadele aşağıdaki şekli alır.

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2\,\lambda. \frac{d\,x}{d\,t} + \alpha^2\,x = \beta. \sin \omega t \quad \text{.................} \quad (24)$$

İşbu muadelede M ihtizazda bulunan kitleyi, $b\cdot\frac{d\,x}{d\,t}$ git gide azalan ihtizaz kuvvetini ve $c\,x$ elâstiki olan yay vazifesini gören kuvveti, c yay emsalini, $P \sin \omega t$ periyodik dairevî frekans ile temsil edilen hasıla kuvvetini ve t zamanı ifade eder. Böyle bir sistemin muayyen bir cismin muayyen bir istikamette tahriki için kendine mahsus bir ihtizaz emsaline malik olması lâzımgelir. Bu ihtizaz emsali şu formül ile ifade edilir:

$$\alpha = \sqrt{\frac{c}{M}} \quad \text{..............................} \quad (25)$$

Hali ihtizazda bulunan bütün heyet yani makine + cisim, ağır bir kitlenin elâstikî bir yay üzerine mevzu olduğu ve makinenin kitleyi ve zeminin elâstikî yayı temsil ettiği farzolunur. Makinenin zemin üzerindeki kendi ihtizaz rakamı zeminin yay emsali için ve bundan dolayı da zeminin taşıma kabiliyeti için bir mikyas vermiş olur. Mukayeseli kıymetler ancak ihtızaz rakamlarının aynı makine ile tesbiti halinde elde edilir. Serbest ihtizaz yukarıda tarif edildiği veçhile cebrî ihtizazın bir hali hususisini teşkil etmektedir. Yani serbest ihtizaz frekans vücude getiren kıymet yani $\omega = 0$ dır. İhtizaz tecrübelerinde âtideki kıymetler ölçülerek kaydedilir veya bittersim gösterilir:

1 — İhtizazdan dolayı makinenin bulunduğu noktadan itibaren ihtizazın zeminde imtidat ettiği sahanın vüs'atı, ve bu vüs'atın ihtizaz emsali ile alâkası, makinenin en kuvvetli darbelerile elde edilen azamî ihtizaz kıymetleri, bundan başka icabında makinenin ihtizaz kudreti ve makinenin zemine çökmesi mikdarı.

2 — Şua şeklinde makinenin durduğu noktadan itibaren muhtelif mesafeye kadar düz hatlar çizilir. İhtizazı tevlit eden ve zemin ihtizazı arasındaki kaymalar ve zemin ihtizazının kuvveti mesafeye tâbi olmak üzere tâyin olunur. Makinenin icra ettiği ihtizaz tesir mesafesinin tersiminde zemin muayenesine lüzumlu ve pek mühim olan makinenin kendi frekansına ait rakam, mahallinde tesbit edilir. Tecrübe esnasında frekans tevlit eden kuvvetin muhtelif kıymetlere geçmesine müsaade edilerek bu esnada ihtizaz darbeleri veyahut makinenin darbeleri; otomatik çalışan ve makinenin üzerinde bulunan ihtizaz kaydedici bir mukayyit yani bir vibrograf vasıtasile yazılır.

Amplitud münhanilerinde en büyük darbeler, kendilerine ait frekansların tabi'i olmak üzere tersim edilir.

Tecrübe esnasında tesbit edilen münhaniler yukarıda evvelce ihtizaz eden kitle hakkında yazdığımız tefazulî muadelenin sabit kıymetlerinin hesabında kullanılabilir.

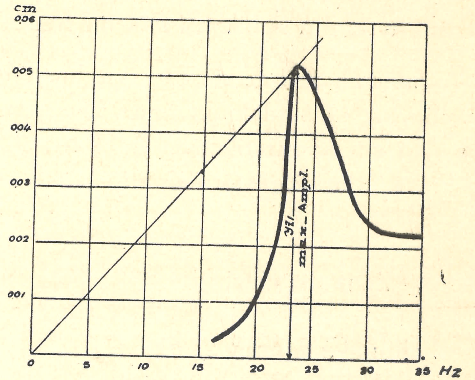
Zatî frekans:

$$\alpha = \sqrt{\frac{c}{M}}$$

$$\text{ve } \lambda = \frac{b}{2\ M}$$

yani git gide azalan ihtizaz emsalini ifade eder.

(Şekil 25) te gösterilen Amplitud münhanisinde, ω olan frekans müvellidi iel zatî α frekansın tevafuk ettikleri yerde bir rezonans noktası mevcuttur. Evvelce vazıhan tarif edildiği veçhile bu rezonansın kıymetlerini cemetmek suretiyle darbenin azamî haddi elde edilmektedir. Bu mikdar azamî zatî frekansın tesbitine lüzumu olan azamî Amplitüdü vermektedir. Fasla mihverine frekans veya ihtizaz rakamları kaydedildiği ve tertip mihverine amplitüdler işaret edildildiği cihetle azamî amplitude ait olan fasla zatî ihtizaz rakamı α nın miktarını vermektedir. Çünkü bu rezonans noktasında frekansın müvellidi ile zatî frekans birbirine müsavidir.



Şekil : 25 — Amplitud - münhanisi

Yukarıda söylendiği veçhile zatî ihtizaz rakamı olan

$$\alpha = \sqrt{\frac{c}{M}}$$

kıymeti hali ihtizazda bulunan zeminin evsafına tâbidir.

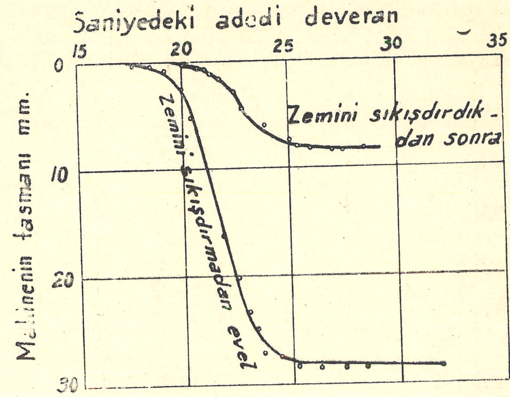
Aşağıda gösterilen cetvelde muhtelif evsaftaki zeminlerin büyük tecrübelerden elde edilen neticeleri dercedilmiştir. Cetvelin (2) No. lu hanesinde zati ihtizaz rakamları ve (3) No. lu hanesinde buna ait ve tecrübelerden anlaşılan zeminin şayanı tecviz tazyik miktarları dercedilmiştir. Cetvelden anlaşıldığı veçhile zati ihtizaz rakamı çoğaldıkça zeminin tecviz edilen tazyıkı da çoğalmaktadır.

Zeminin taşıma kabiliyetini tarif eden ve ihtizaz tecrübesile bulunan α rakamı statistik tecrübeye müsteniden bulunandan daha vâsi bir sahaya teşmil edilebilmesi itibarile diğerine müreccahtır. Zira tahmil sathının büyüklüğü bu tecrübede mühim bir rol oynamaktadır.

Git gide azalan ihtizaz rakamı λ bir taraftan zeminin delk ve temasına diğer taraftan da

makinenin durup kalan çökmesine tâbidir (Şekil 26) Zeminin ihtizazı dolayısiyle hâdis olan makinenin çökmesi ve bu çökmenin makinenin zati ihtizaz rakamına olan tabi'iyetini göstermektedir.

Elde edilen zati ihtizaz rakamı, makinenin altında bulunan zeminin taşıma kabiliyeti hakkında bir hüküm vermeğe kâfi olduğu gibi cebrî şekilde ihdas edilen elâstikî dalgaların devamlı sür'atlerile zeminin bütün bir hat boyunca veya hut vasi bir sathı kâmil üzerindeki taşıma kabiliyetine ait bir cetvel dahi elde edilebilir. Elâstikiyet nazariyesinin kanunlarına göre bu gibi dalgaların intişar sür'ati muayyen ve sabit bir kıymete kadar kayma modülü ile sıkışma nisbetinin cezir murabbaına müsavidir. Kayma modülünün tezayüdü nisbetinde taşıma kabiliyetinin çoğalacağı ve aynı zamanda zeminin sıkışma mıktarının takriben sabit kalacağı kabul olunursa kayma hududu ile birlikte zemindeki elâstikî dalga intişar süratlerinin de zeminin muayyen bir istikamet tulünce vâki hamule taşıma kabiliyeti için bir hudut gösterdiği kolayca anlaşılır.



Şekil : 26 — Ölçülen makine tasman diagramı

Dalganın intişar sür'atı en basit olarak evvelce söylenildiği veçhile ihtizaz müvellidi ile zemin ihtizazı arasındaki kademe kayması, müvellidin mevzuubahis noktasından itibaren olan mesafeye tâbi olmak suretile ölçülür. Bahsedilen cetvelin I. ci hanesi muhtelif zeminlere ait dalgaların intişar sür'atlerini göstermektedir.

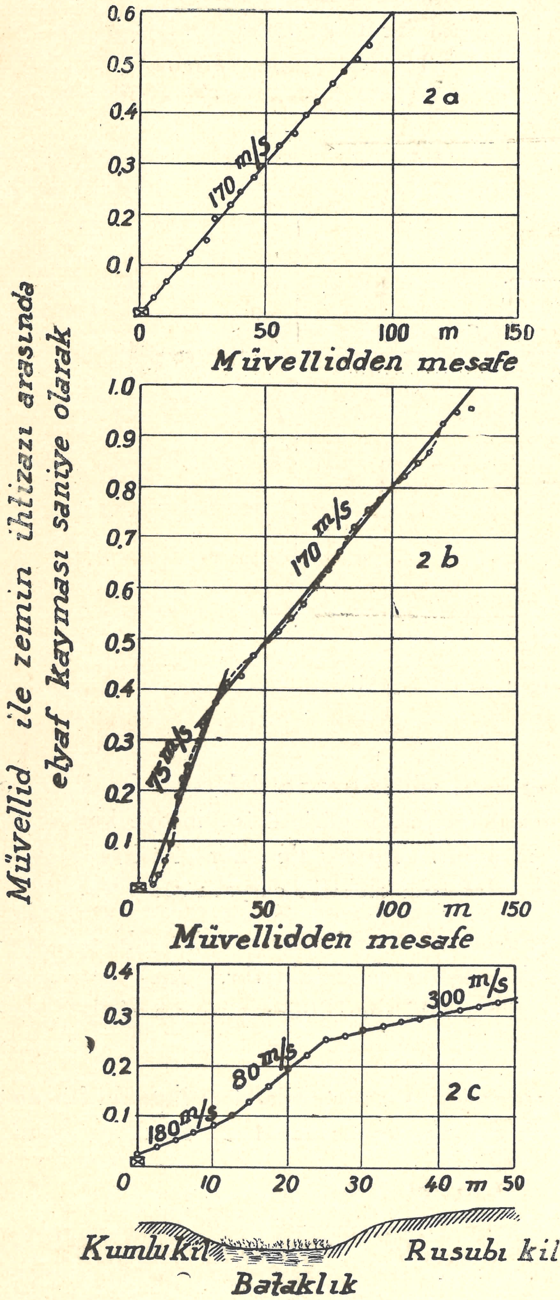
Sıra	Zeminin cinsi	İhtizazın tevessü sür'ati		Zatî frekans		Tecviz edilen zemin tazyiki kg/cm²
1	Fahmi ve kumlu zemin	80	m/sec.	9,5	Hz.	—
2	Toz halinde kumlu zemin	110	»	19,3	»	1,0
3	Tersiyer zamanına ait nemli kil	130	»	21,8	»	—
4	Killi ince kum	140	»	20,7	»	—
5	Nemli orta kum	140	»	21,8	»	2,0
6	Nemli jura kili	150	»	—		—
7	Yer altı sulu orta kum	160	»	—		2,10
8	Kuru orta kum	160	»	22,0	»	2,0
9	Killi kum ve alüviyon	170	»	22.6	»	2,5
10	Taşlı çakıl	180	»	23,5	»	2,5
11	Nemli kil	190	»	23,5	»	—
12	İçinde kalker parçaları bulunan kuru kil	200	»	25,3		—
13	İstifi bozulmamış orta kum	220	»	—	»	4,0
14	Mergel (Marn)	220	»	25,7	»	4,0
15	4 metre kum tabakasından aşağıdaki çakıl	330	»	—		4,5
16	Sıkı istif edilen kalın çakıl	420	»	30,0	»	4,5
17	Tesiratı havaiyeden bozulmuş kahve renkli kum taşı	500	»	32,0	} »	tecviz olunan tazyık gerilmesinin 2/3 tir.
18	Orta sertlikte kum taşı	650	»	—		
19	Tesiratı haviyeden müteessir olmamış kum taşı	1100	»	—		

Zeminin bir noktası ile makinenin konulduğu nokta arasındaki mesafeye tabi olarak ihtizazın

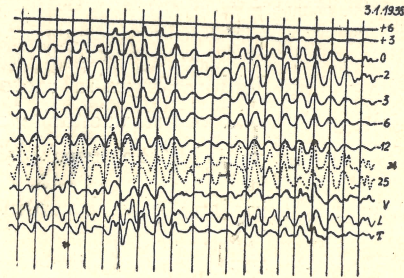
müvellidi ile zemin ihtizazinin ihdas ettikleri kayma tezahüratı müddet olarak kaydedilir ve bu noktalar da birbirine bir hat ile rapt edilirse bu suretle husule gelen hattın müddet mihverine nazaran olan meyli dalganın intişar sür'atini ifade eder. İşbu noktaları birbirine vasleden hudut düz bir hat teşkil ettiği takdirde o vakit muayene edilen zemin parçası mütecanis olur. Ve her biri ayni taşıma kabiliyetine malik olur. Bu zeminin taşıma kabiliyeti yukarıki cetvelde gösterildiği veçhile ölçülen sür'ate tekabül eder.

Zemin mütecanis olmayıp muhtelif taba kalardan mürekkep olduğu takdirde bu hat düz olmıyarak münkesir bir hat şeklini ahz eder. Bu gibi münkesir bir hattı teşkil eden münhaniye Profesör Hartwig'e göre elâstikî dalgaların müt tehidüzzeman münhanisi namı verilir. Bu gibi münhaniden zeminin her hangi bir tabakasının hamule kabiliyetini bulmak kabildir. (Şekil 27) muhtelif cins tabakalardan mürekkep bir zemin hakkında icra edilen sür'at mesahhasının neticelerini göstermektedir.

Yukarıki cetvelin tarifinde sür'atlerin saniy ede 80 den 1100 metreye kadar tezayüd ettiği görülür. Cetvelden anlaşıldığı veçhile elâstikî dal galaların intişar sür'ati yukarda zeminin zati frekansından veyahut yay emsalinden zemin için taşıma kabiliyeti hakkında daha hassas bir mikyas teşkil etmektedir. (Şekil 28) vibrografla yapı lan bir diyagramı göstermektedir.



Şekil : 27 — Dalgaların imtidat ve süratini gösteren diagram.



Şekil : 28 — Vibrograf ile elde edilen ihtizaz diagramı

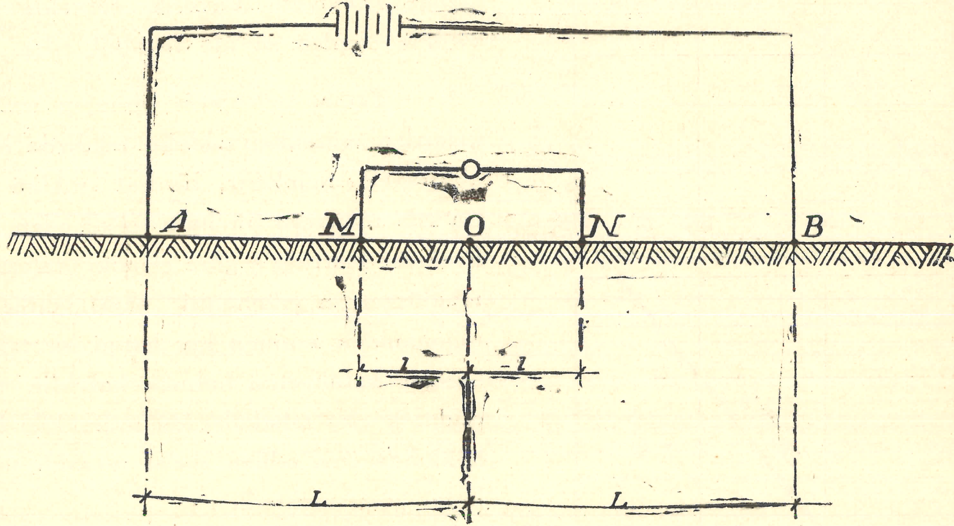
7. Elektrik sondajı

Elektrik sondajının en basit prensibi şudur:

(Şekil 29) da görüldüğü veçhile zeminin içine A. B elektrotları vasıtasile mütemadi veya mütenavip bir elektrik ceryanı verilir. Bu suretle zemin içinde elektriklenmiş bir saha vücude geti-

rilirler. Bu sahadaki ekü:potansiel hatlar zeminin nakil kabiliyetine ve hatların zemindeki tarzı tevezzüüne tâbidir. Bu son ikisi bize zemin hakkında fikir verir.

Mütecanis zemindeki ekuipotansiel hatlarının şekli daha muntazam, zeminin nakil kabiliyeti mütecanis olmadığı takdirde şekildeki intizam gaip olur. Ekuipotansiel hatların zahmetsizce bulunabilmesi için bir telefon aleti kullanılır. Bu telefon aletinin bir teli zemine çakılacak bir ka-



Şekil : 29 — Dört kutuplu aletin istimal şekli

zığa bağlanır diğer bir teli müteharrik olup zeminin her arzu edilen yerine dokundurulmak üzere emre âmade tutulur. Emre âmade bulundurulan işbu nâkil telefonda gürültü işitilinceye kadar zeminde gezdirilir. Ve bu nokta zeminde bir kazıkla tesbit edilir. Bu suretle her iki kazık arasındaki mesafe ekuipotansiel hattını teşkil ettiğinden telefonda elektrik ceryanı zail olur.

Bu suretle her ekuipotansiel hattı; zeminde müteaddit noktalar bulunup tesbit edilerek; vaziyet plâna tersim edilir. Ceryan menbaı olarak akümülâtörler kullanılmaktadır. Elektrot olarak beyaz madenî teller kullanılır. Bu teller birbirine muvazi ve 300 ilâ 1000 metre mesafede ferşedilir.

Burada yalnız Schlumberger'in metodundan bahsedeceğiz. Bu metodda dört kutublu bir âlet kullanılır. A ve B elektrotları vasıtasile zemine elektrik ceryanı verilir ve M. N. kazıkları arasında bir voltmetre ile voltajın tenakusu ölçülür.

Mütecanis (Homojen) olan bir zeminin mukavemeti ρ için şu muadele yazılabilir:

$$\rho = K. \frac{X}{I} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (26)$$

İşbu muadele X ölçülen elektrik voltajın tenakusunu, İ ceryanın şiddetini ve K dört kutuplu aletin eb'adına tâbi bir sabiti ifade eder.

Şimdi ise hakikî zemin vaziyetine geçelim. Yani mütecanis (Homojen) olan zemini kale alalım. Bu takdirde şu muadeleyi yazabiliriz:

$$\xi = K. \frac{X}{I} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (27)$$

İşbu muadelede ξ göze görünen mukavemeti ifade eder. Bu izahattan zeminde ölçülen ve gözle görünen mukavemetleri yalnız yer altının elektrike karşı vasıflarına tâbi olmayıp ayni zamanda dört kutuplu âletin hendesî şekline tâbi olduğu görülür. Yani çok defalar A B ve M N hatları ϑ semt azimut zaviyesile teşkil ettikleri hatla birlikte aynı O merkezinde ve X Y fasla ve tertipleri üzerinde bulundukları görülür. L ile l, A B veya M N hatlarının yarı tullerini ifade ettiklerini kale alalım. Bu takdirde karakteristik olan tul veyahut K emsali şu formülle ifade edilir:

$$K = \pi . \left(\frac{L^2 - l^2}{2\,L} \right) \qquad (28)$$

ve bundan dolayı

$$\xi = \text{fonksiyon}\ (\gamma,\ \chi,\ \delta,\ l,\ L) \qquad (29)$$

Umumiyetle $\frac{l}{L}$ nisbetinin kıymeti için ϑ semt zaviyesinin tesiri kale alınmıyarak şu muadele yazılabilir.

$$\xi = \text{fonksiyon}\ (\chi,\ \gamma,\ L) \qquad (30)$$

Dört kutuplu aletin merkezi olan O nun sabit olduğunu kabul ederek A B elektrotları mesafesinin 2 L tedricen büyümesine müsaade edilirse o vakit elektrik ceryanı git gide yer altının daha derinliklerine nufuz edecektir. Bu suretle yapılan zemin muayenesinin zeminin derinliklerine doğru yapılmış olması ve bu tecrübeden elde edilen neticenin, muadelesi aşağıda yazılan münhanî ile karakterize edilmesi lâzımdır.

$$\xi = \text{fonksiyon}\ (L)$$

Buna karşı 2 L tulü sabit olarak bırakılırsa bundan dolayı derinliklere doğru elektriğin nüfuz mikdarı değişmez ve fakat 4 kutuplu aletin merkezi kaydırılırsa o vakit derinlik tesirine malik olmıyan ufkî bir muayene yapılmış olur. ve bu muayene şu formüllle ifade edilmiş olur:

$$\xi = \text{fonksiyon}\ (x,\ y)$$

Bu tariflere nazaran her hangi bir mantıkanın elektrik sondajları ile muayenesi ikiye bölünmüş oluyor. Yani birinin L kıymetinin yükselmesi ile zeminin derinliklerine doğru olan elektrik ceryanının tesirini, diğerinin de derinlklere doğru gitmeyip zemine ufkî olan ceryanının tesirini muayene etmektedir.

Nazarî olarak beriki veya öteki usulün tatbiki bir ehemmiyeti haiz olmadığı halde amelî noktai nazardan hangisi elverişli ise onu tatbik etmek lâzımdır.

II. inci Kısım

Zemin Mihaniki

a) İnşaat temelinde tazyikin intişar şekli

Temel çukurlarında inşaattan dolayı hasıl olan tazyikın intişarı hakkında bu gün dahi amelî sahalarda basit ve arzuya tâbi faraziyeler yapılmaktadır. Misal olarak tazyıkın her iki tarafında ve 45° derecelik bir zaviye tahtında hattî bir meyil ile intişar ettiği faraziyesi esas olarak kabul olunur, ve bu faraziyeye müsteniden gerilme ile çökme arasındaki münasebet şu muadele ile ifade edilir:

$$P = K . w \qquad (31)$$

İşbu muadelede P gerilmeyi, w çökmeyi ve K yataklanma emsali sabitini ifade etmektedir.

Şunu da söylemek lâzımdır ki bütün âlimler yaptıkları tecrübe ve hesaplarda zeminin teşek-

külünün mütecanis (Homojen) ve temel kitlesinin suret tahmilinin de merkezi olduğunu kabul etmişlerdir.

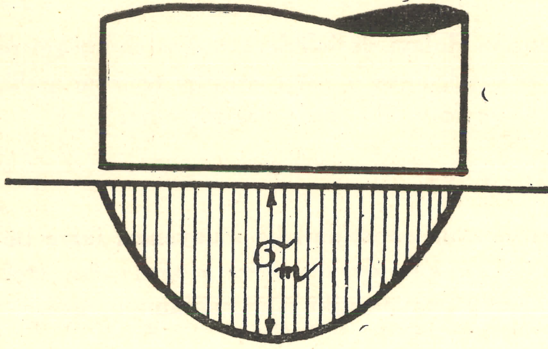
Freiberg'deki (Prof. Dr. İng. Kögler) in 1925 senesinde Bauingenieur Mecmuasının 101/102 inci sahifelerinde neşrettiği «temellerde tazyik intişarı» hakkındaki makalesinde atideki tefrikleri yapmıştır:

a) Sulb temeller (duvar, beton ve kalın plâklar gibi temeller)

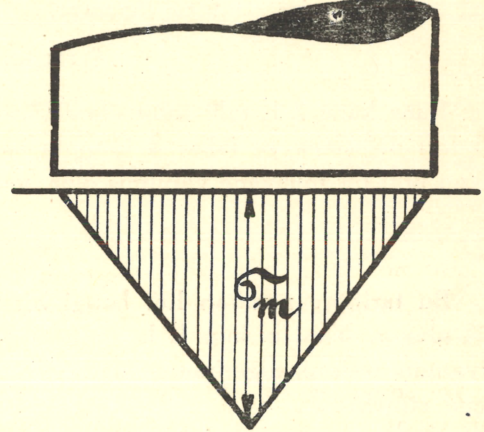
b) Elâstiki temeller (İnce plâklar).

Sulb olan temel kitlelerinde hamule şeklinin münferiden veya mütesaviyen tevzi edilmiş bir hamule olarak ve bu hamulenin muhassalası temel cisminin merkez sıkletinden geçtiğini ve sulb olan cismin dahilindeki gerilmelerin de taban altındaki intişarı mütecanis olmadığı takdirde bir ehemmiyet kesbetmediğini kabul etmektedir. Ancak daha büyük derinliklere doğru gerilmelerin intişarı yapılan tecrübe ve muayenelerle malûm olmuştur.

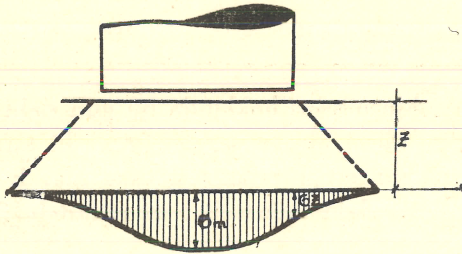
Elâstikî temel kitlesinde ise hamuleden dolayı temelde bir inhina vücuda gelir. Bu inhina tazyıkın intişarına müessirdir. Yani tazyıkın intişarı temel kitlesinin hamule şekline tâbidir. Temel kitlesinin ortasında icra edilen münferid bir hamulenin husule getirdiği bir gerilme haddi âzamisini bulur, ve bu gerilme temel kitlesinin kenarlarına doğru fevkalâde tenakus eder. Mütesavi bir hamulenin nasıl intişar ettiği şekil 30 ilâ 33 te tebarüz ettirilmiştir. Hamulenin temel kitlesi-



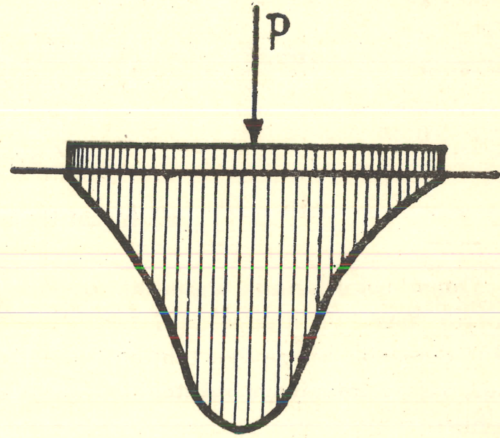
Şekil : 30



Şekil : 31



Şekil : 32



Şekil : 33

nin kenarlarına icrayı tesir ettirilmesi halinde gerilme âzamî haddinin vuku bulduğu bir hamulenin bulunduğu mantıkanın içerisindedir

(Karlsuhe) deki (Schleicher), (Boussinesq) nazariyes'nin esasına istinaden K vasatî yataklanma emsalini hesap etmiş ve bu yataklanma emsalinin sabit bir kıymeti haiz olamıyacağı ve bilâkis âtideki hususata tâbi olduğunu ifade etmiştir. Bu hususat şunlardır:

1 — Vasatî yataklanma emsali, cismin E elâstikiyet emsaline ve m Poisson rakamına tâbi olduğu, yani:

$$e = \frac{m^2 E}{m^2 - 1}$$

faktörüne tâbidir.

2 — Bu yataklanma emsali tahmil edilen sathın eb'adına tâbidir. Yani K yataklanma emsali kat'ı zaid şeklinde, temel levhasının nısıf kutru büyüdükçe makûsen mütenasip olarak tenakus eder.

$$K = \frac{p}{w} = H \cdot \frac{C}{\sqrt{F}} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (32)$$

H kıymeti amelî sahalar için, 1 olarak hatasız kabul olunabilir. Bu hususta yapılabilecek hata % 5 den küçüktür. Bundan dolayı w çökme kıymetleri bu muadele sayesinde hesap edilebilir. Ancak p, C, F kıymetlerinin malûm olması şarttır.

$$w = \frac{p}{k} = \frac{p.\sqrt{F}}{H.C} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (33)$$

$$p = \frac{P}{F}$$

$$w = \frac{P}{H.\ C.\sqrt{F}} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (33a)$$

Bu hususların tamamile mütecanis (Homogen) elâstikî cisimler için (Schleicher), (Föppel) ve (Wolterbeck) in yaptıkları tecrübelere müsteniden kabili tatbik ve doğru olduğu tahakkuk etmiştir.

Bu son tecrübeler Holanda tecrübeleri namı ile tanınmış ve (Yibuiden) deniz sahilinde yapılan ve 50 metre açıklığında bulunan gemi kantarasında icra edilmiştir. Kantaranın 6 metre kalınlığındaki taban levhasında yapılan tecrübeler aşağıdaki neticeleri vermiştir.

Tabakalar yer altı suyu ile hali işbaa gelmiş sert kumdan ibaretti. Yapılan rasatlar düz bir satıh üzerine konulan bir ıstampa vasıtasile icra edilmiştir. Tahmil satıhları 500, 1000, 2500, ve 5000 santimetre murabbaı eb'adında intihap edilmiştir.

p = 0.39 Kg./cm² satıh tazyıkı için atideki mikdarlar bittecrübe tesbit edilebilmiştir.

Satıh	500	1000	2500	5000 cm²
Elâstiki çökme	0.020	0.029	0.058	0.134 cm.
Kalan »	0.025	0.012	0.011	0.006 »
Yataklanma emsali	20.0	13.5	6.7	2.9 Kg./cm³

Yataklanma emsalinin hesabı için yalnız elâstiki çökme miktarlarından istifade edilmiştir. (Halbuki bu çökmeler 24 saat geçtikten sonra tamamile gaib olmuştur.)

Sabit kalan bir satıh hamulesinde tahmil sathının büyümesile elâstiki ve umum çökmelerin tezayüd edecekleri ve kalan çökmelerle yataklanma emsali tahmil sathının büyümesile tenakus edecekleri görülür. (Wolterbeck) şu neticeye varmıştır:

K Yataklanma emsalinin büyük mikyasta tahmil sathına tâbi olduğu ve bu tabi'yetin satıhlar büyüdükçe küçüldüğü neticesine varılmıştır. K için alınan kıymete olan ademi itimattan

dolayı (Zimmermann) usulünde demir yollarının üst yapılarında kullanılan tazyik ile çökme arasındaki nisbet temel tabakasında vücude getirdiği şayanı itimat olmıyan inhina anlarının neticesinde tereddüde yol açmıştır. (İterson) dahi nazarî yol ile (Schleicher) in bulduğu neticeye varmıştır. Yani çökmelerin nısıf kutrun büyümesile çoğaldıklarının ve yataklanma emsalinin (zemin emsalinin) fennî bir kıymete malik olmadığı ve yanlış hesaplara meydan verdiği neticesine varmıştır.

Kögler şimdiye kadar yapılan tecrübeleri toplayarak, kendisinin yaptığı tecrübelere göre neticelerini mukayese etmiştir. Bu tecrübeler şunlardan ibarettir:

1) Kick und Steiner-Prag 1879 (Handbuch d. Ing. Wissenschaften 1882 II. Bd. Abt. II. S. 195.)

2) Strohschneider - Graz 1911 (Sitzungsberichte d. K. und k. Akademie d. Wissenschaften, Wien Mathematisch - naturwissenschaftliche Klasse Bd. 121, IIa 1912 S. 310/302).

3) Hochschule Pennsylvania 1941/14. Organ für Forscher. d Eisenbahnwesens 1915 S. 33 und 376.)

4) Universität Jllinois 1910/15. (Engineering Record 1915 S. 106/107.)

5) Golbeck - Waschinton 1915. (Proceedings, Am. Soc. Test. Mats. 1917 S. 640/61.)

6) American Fondation Committee al. 1913. (Proceedings. Am. Soc. Civ. Eng. 1920 S. 931/34.)

7) Am. Track Cmmittee.

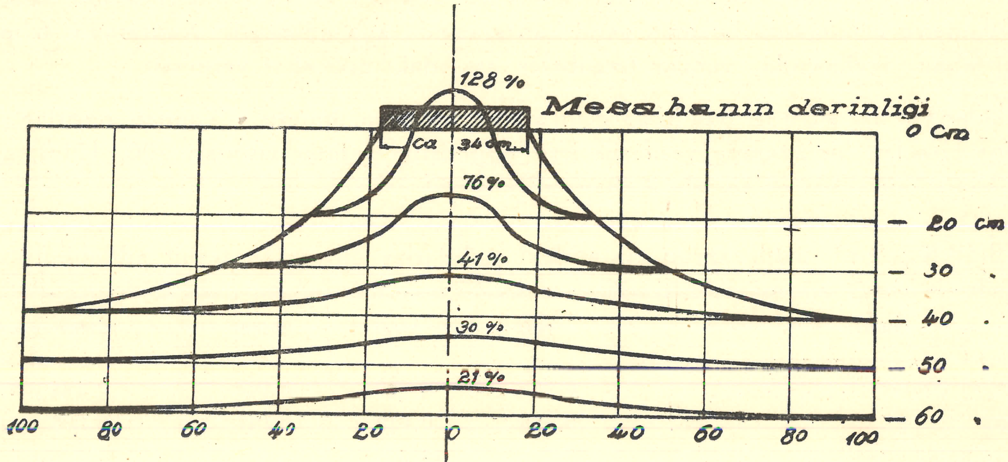
8) Kögler - Freiberg (Bautechnik a.a. O.)

Kum imlâlarda Kögler tarafından yapılan tecrübelerin verdiği netice şudur:

1 — Tazyik stampası altında, tazyikin mütesaviyen intişar etmediği ve tazyikin intişarı şekil 32 de gösterildiği veçhile kampana şekilli münhaniler halinde olduğu,

2 — Tahmil çoğaldıkça hasıl olan gerilmelerin her tarafta hamule ile mütenasip olduğu (bu hususun kayma hududuna kadar tamamile mutabık bulunduğu);

3 — Herhangi bir nokta için bulunan gerilme $p_o = \frac{P}{F}$ in % deki nisbetine göre ifade edilirse şekil 34 deki % delik münhanilerin elde edildiği (evvelki formüldeki F, tazyik stampasının satıhını ifade ettiğine göre),

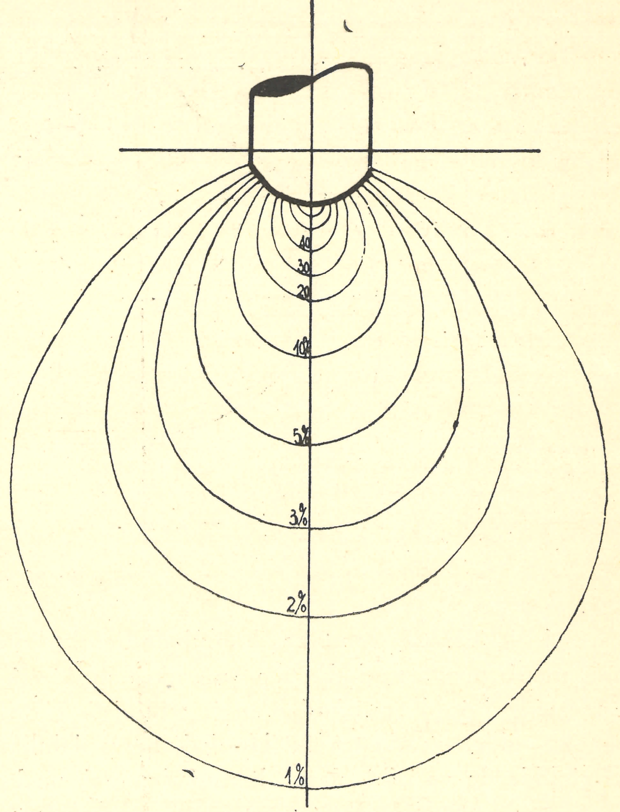


Şekil : 34 — Gerilme cismi

4 — Gerilmenin teşkil ettiği cismin hacmı her vakit P hamulesine müsavi olduğu ve bundan dolayı ortada ve tabana en yakın σ_m gerilmesi, tabanın vasatî tazyıkı olan $p_o = P/F$ mikdarından daha büyük olduğu ve tabanın altında σ_m takriben 2,5 p_o ya 10 cm. derinliğinde 2,2 p_o ya ve 20 cm. derinliğinde 1,28 p_o ya ilâh... müsavi olduğunu,

5 — Amerikalılar tarafından bulunan gerilmelerden aynı amut üzerindeki şakulî gerilmeyi

gösteren isobarların, Profesör Terzaghi ve Viyana daki Stem tarafından kabul ve tersim edilen şekil 35 deki münahnilerin aynı olmadığı,



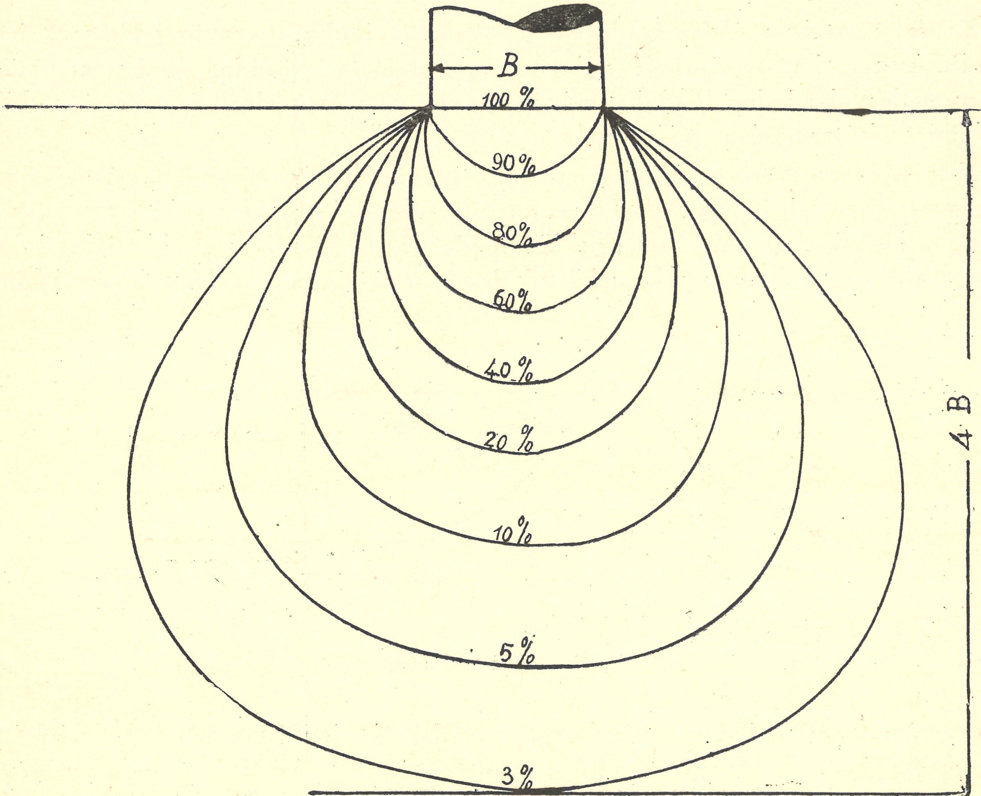
Şekil : 35 — Isobaren

6 — Şekil 36 da gösterildiği veçhile tazyik intişarı için bir hudut sathı mevcut olduğu sabit olmuştur. Kögler'in tecrübesinde kumdaki muhtelif derinliklere mahsus hudut sathının teşkil ettiği münhaniye ait âtideki delta hudut zaviyelerini tesbit etmiştir:

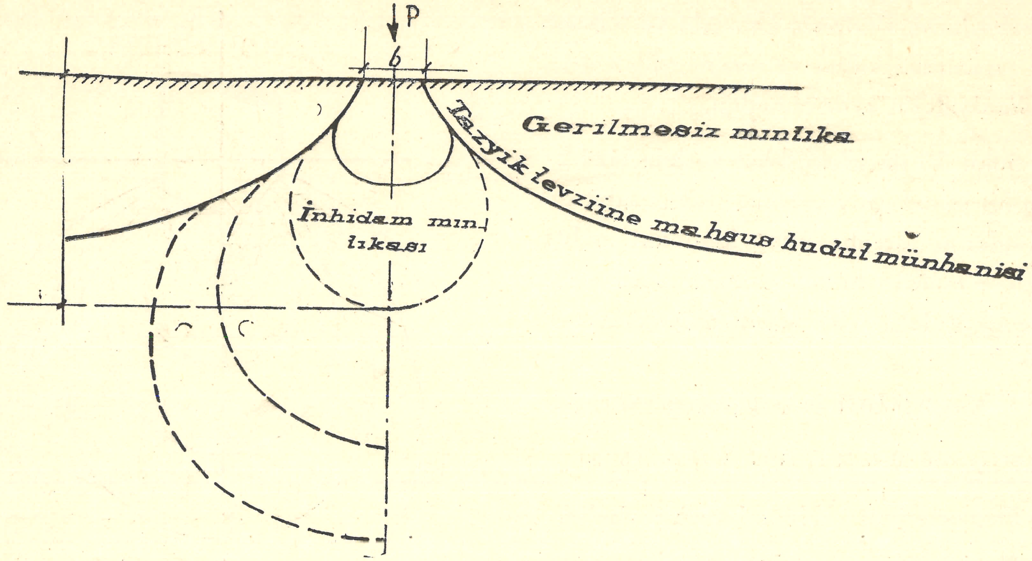
Derinlik Z =	0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110cm.
Hudut zaviyesi ϱ =	35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90

7 — Fazlasile kabili inhina büyük levhalar, gayet hassas ve tazyikin intişarı için hamulenin şeklini aydınlatan bir şekil irae etmektedir.

Hesap usulünün tatbiki için Kögler ilk önce cer ve kayma mukavemetine malik olmayan yalnız tebdili şekle malik olan cismi etüd etmiştir. Hamulenin 0 dan itibaren yükselmesi halinde tebdili şeklin 3 safhaya göre birbirinden tefriki lüzumlu görülmüştür:



Şekil : 36 a — Isobaren



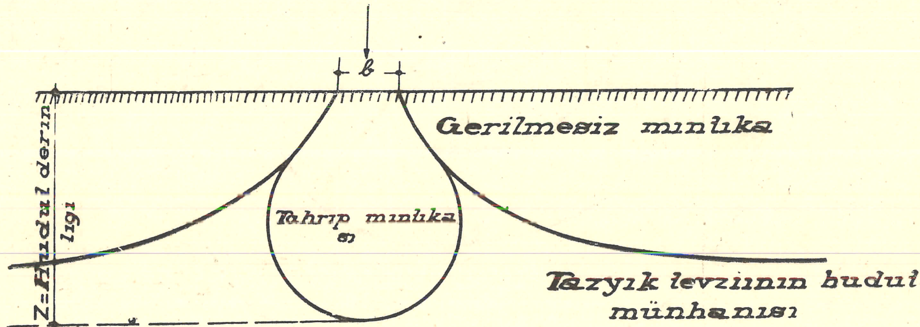
Şekil : 36 — Isobaren

1 — Elâstikî mıntaka, hamuleden dolayı vücude gelen yan tazyikinin alt tarafta mevcut olan menfi tazyik hududunu geçmedikçe imlâ elâstikiyeti, sulp bir cisim gibi kalır. (Bu husus 1897 senesinde Föppl tarafından teyit edilmiştir.) İmlâda ancak elâstikî tebdili şekiller vücude gelir. Tecviz edilen zemin tazyiki Hook kanunu dahilinde pek cüzî olduğu cihetle bu hal ancak büyük derinliklerde ve ufkî olarak hamuleden pek uzakta vuku bulur.

2 — Tahrip mıntakası, hamule tecviz edilen zemin tazyik miktarını tecavüz edince kaymalar vücude gelir, yani imlâda sıkışmalar hasıl olur. Bundan dolayı imlâda sabit kalan tebdili şekiller hasıl olur.

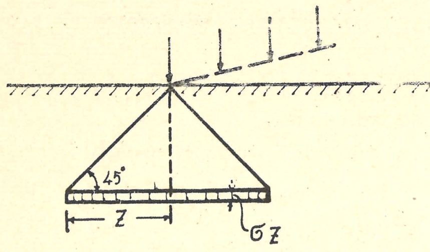
3 — Kayma mıntakası, imlânın sıkışma kabiliyetinin hududu tecavüz edilince cisim birdenbire kayar. Bu kayma, hamulenin imlâ sathı üzerinde dalgalar vücude getirerek bütün imlâyı gevşetmek suretiyle vuku bulur. Tatbikat sahası için bu hal varit değildir. Çünkü tatbikatta tahammül edilmiyecek tasmanlar vuku bulur.

Bu tarifata göre temellerin tatbikat sahası için 1 inci fıkrada gösterilen elâstikî mantıka ile 2 inci fıkrada söylenen tahrip yani plâstik mantıka mevzuubahstır. Her vakit hamulenin yakınında muvakkat ve hacmî sıkışmalar vukua geldiği halde hamulenin daha uzaklarında da kaymalar vücude gelir. Tahrip mantıkasının şekli şekil 37 de gösterildiği veçhile küreviyyüşşekildir.

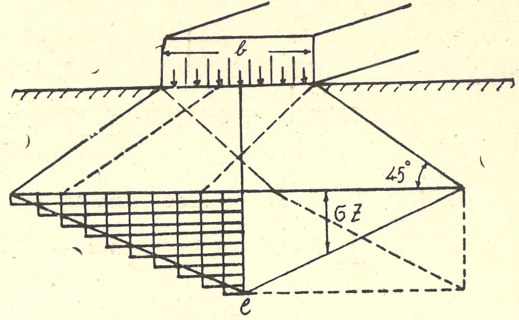


Şekil : 37 — Elâstiki mantıka

Bundan başka Kögler tazyikin mütesaviyen intişarı hakkındaki farazıyenin zıddiyetini göstermektedir. Şeritvarî bir hamulenin hatvarî bir hamuleye ircaı halinde ve her ikisinin yanyana bulunan tesir hatları üst üste çizildiğinde bir mustatil olmıyarak bir müselles teşkil ettikleri görülür. Şekil 38a ve b. Aynı suretle bu müselleslerin şekil 39 da gösterilen kampanavarî münhanilere rücu ettikleri görülür.



Şekil : 38 a



Şekil : 38 b

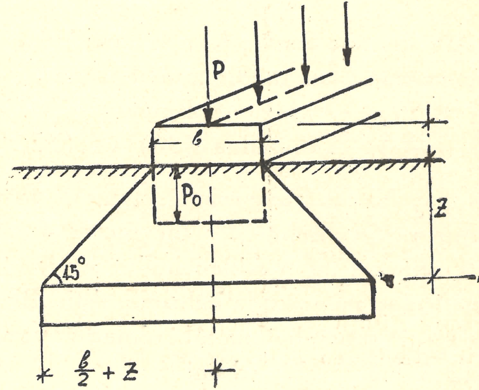
Hesap formülleri

1 — Kabul edilen ve şekil 40 da gösterilen hatvarî hamule için Melan şu formülü kullanmıştır:

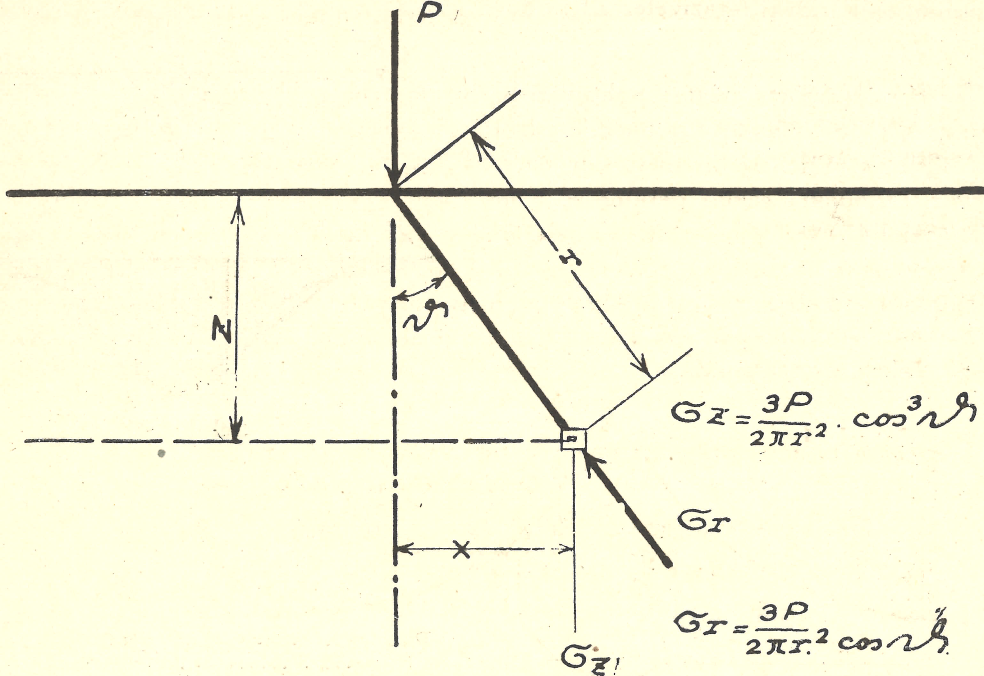
$$\sigma_z = \frac{2q}{\pi . z} . \cos^4 \vartheta \qquad \text{................. (34)}$$

2 — Boussinesq ise noktavarî P hamulesi için şu formülü kullanmıştır:

$$\sigma_z = \frac{3P}{2\pi . z^2} . \cos^5 \vartheta \qquad \text{................. (35)}$$



Şekil : 39



Şekil : 40 — Boussinesg formülleri

Bu formüller ancak elâstikî yani imlânın mütecanis olan bir kısmına tatbik edilebilir. Hamule ile imlânın mütecanis kısmı arasında tahrip mantıkası mevcut olduğu cihetle bu formüller de ancak takribî bir mahiyettedir. Yapılan tecrübeler bu formüllerin zeminin elâstikî mıntakalarında

tatbik edilmelerine karşı itiraz edilecek bir cihet mevcut olmadığını göstermiştir ve arzanî inbisatın m emsali için m = 2 konulabileceğini ispat etmiştir. Tahrip mıntakası için Boussinesq tarafından vücude getirilen formülün âtideki tarzda yazılabileceğini Strohschneider söylemiştir.

$$\sigma_z = \frac{3\,P}{2\pi.z^2} \; \frac{(\cos\varphi - \text{ctg}\,\varphi_o \cdot \sin\varphi)\cos^4\varphi}{1 - \cos\varphi_o} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (36)$$

Bu formül tecrübe neticelerine uygun ve aynı zamanda $\text{Cos}^2\,\varphi$ şu ifadeye muadildir:

$$\cos\varphi\,(\cos\varphi - \text{ctg}\,\varphi_o\,\sin\varphi) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (37)$$

Aynı veçhile Kögler, Melanın formülünü ıslah ederek tahrip mantıkası için şu ifadeyi yazmıştır:

$$\sigma_z = \frac{q}{z\varphi_o}\,(\cos\varphi - \text{ctg}\,\varphi_o\,\sin\varphi)\cos^3\varphi \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (38)$$

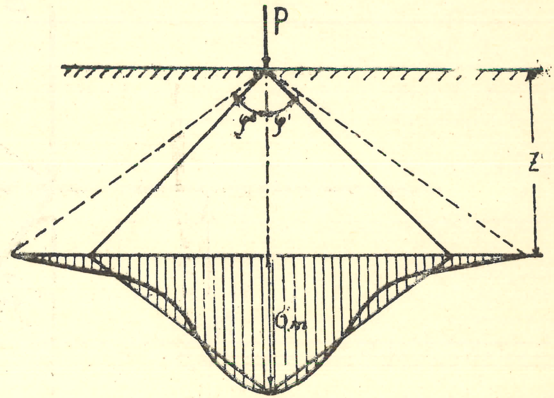
Strohschneider ve Kögler tarafından tesbit edilen 35 ve 38 No. lu her iki formüldeki φ_o ; hamule noktasından tahdit münhanisine geçilmesini ifade eden hudut zaviyesini göstermektedir. Yani $\varphi_o = 90$ derece olduğunda Boussinesq ve Melan tarafından gösterilen formüllere tetabuk etmektedir. $\varphi = \varphi_o$ olduğunda (36) ve (37) No. lu düsturlardan $\sigma_z = 0$ bulunur.

φ_o hudut zaviyesinin kıymeti Strohschneider tarafından (50-60) derece arasında tesbit edilmiştir. Strohschneider bir metre derinliğindeki tabakanın elâstikiyetini tesbit etmektedir. Kögler tarafından tayin edilen hudut zaviyesi hakkında yukarıdaki 35 inci maddede yapılan tecrübelerin neticeleri meyanında bahsedilmiştir. Bu tecrübelerin verdiği neticelerden hudut zaviyesinin hamule ve zemin satıh ebadına tâbi olmadığı ve gevşek kum zeminlerinde, sıkı kum zeminlerinden daha küçük olduğu tesbit edilmiştir.

Amelî sahalar için basitleştirme usulleri:

Bu hususat için âtideki faraziyeler esas tutulmaktadır:

Gerilme cismi (gerilme yığını) noktavarî hamuleler için tamamile bir mahrutun hacmine, hatvarî hamule için de müsellesî bir menşurun hacmine müsavidir. Ortadaki şakulî gerilme σ_m ile ifade edilir. (Şekil 41)



Şekil : 41

A. Noktavarî hamule

a) Tahrip mantıkasında

Cetvel: 1

φ_o	40	50	60	75	90	derece
φ'	35	40	45	50	55	derece
σ_m.	2,04	1,34	0,96	0,65	0,48	P/z^2

σ_m şu muadele ile istihraç edilir:

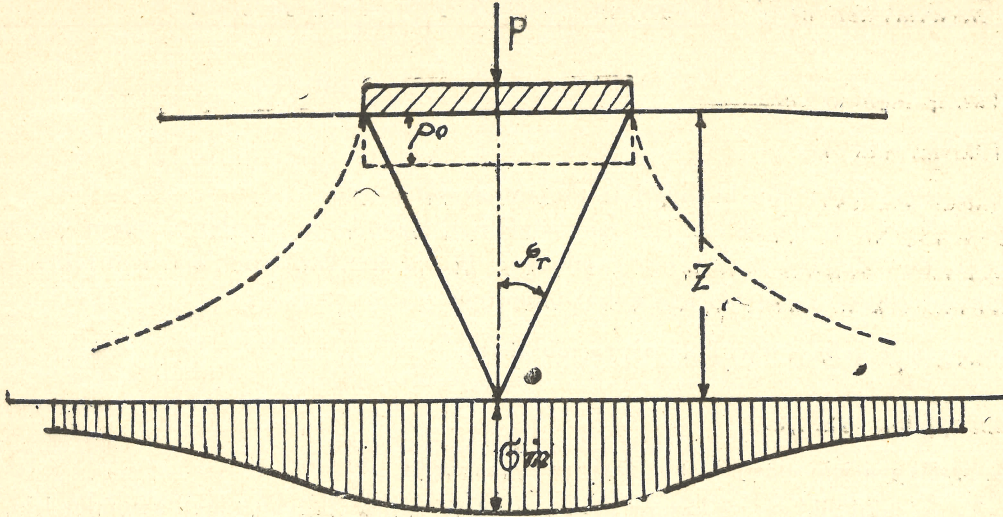
$$\sigma_m = \frac{3}{2\pi\,(1 - \cos\varphi_o)} \cdot \frac{P}{z^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (36\ a)$$

Bu muadele Strohschneider'in 35 No. lu muadelesinden meydana gelmektedir.

$\varphi = 0$ olduğunda

φ' âtideki formül ile istihraç edilir ve amelî hudut zaviyesini teşkil eder.

$$\text{tg}^2\varphi' = 2\,(1 - \cos\varphi_o) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (39)$$



Şekil : 41 a — Sathen münteşir hamule veya şerit vari hamule

Bu muadele gerilme mahrutunun hacmi P hamulesine yani tamamile gerilme cisınine hacmen müsavi olması istihraç edilmiştir.

b) Elâstikî mantıkada (φ_o = 90⁰ derecede) bu husus için 1 No. lu cetvelin son hanesi muteberdir. Yani $\varphi' = 55^0$ ve

$$\sigma_m = 0.48 \frac{P}{z^2} \quad \text{.................} (40)$$

B. Hatvarî hamule

a) Tahrip mantıkası

Cetvel: 2

φ_o	40°	50°	60°	75°	90°
φ'	35°	40°	46°	52°	57.5°
σ_m	1.43	1.15	0.96	0.76	0.636 q/z

σ_m ; 2 No. lu cetvel de şu muadeleye tetabuk etmektedir.

$$\sigma_m = \frac{q}{z \cdot \varphi_o}$$

Yani 38 No. lu Kögler'in formülünün hususî bir halini teşkil etmektedir. Bu takdride $\varphi = 0$ demektir.

b) Elâstikî mantıkada: ($\varphi_o = 90^0$) Bu husus için 2 No. lu cetvelin son hanesi muteberdir.

Bu takdirde $\varphi' = 57{,}5°$ ve $\sigma_m = 0.64 \frac{q}{z}$ dir. .... (41)

C — Satıh hamulesi p_0 (Küçük bir satıh üzerine dağılmış bir hamule)

a) Tahrip mantıkasında:

$$\sigma_m = p_o \,(1 - \cos^3 \varphi_r) \quad \text{....... ....} (42)$$

b) Elâstikî mantıkada:

Bu hususun hesabı için (40) No. lu muadele tamamile muteberdir.

D. - Şeritvarî hamule p_0 : (Uzun, dar bir şeride tevzi edilen bir hamule)

a) Tahrip mantıkasında: $\sigma_m = \frac{p_0}{\pi} \cdot (2\varphi_r + \sin 2\varphi_r)$ .... (43)

b) Elâstikî mantıka:

Bu husus için (41) No. lu muadele tamamile muteberdir.

(42 ve 43) No. lu muadeleler için şunu söylemek lâzımdır ki buralarda taban tazyik tevziinin mustatil şeklinde olduğuna göre hesap yapılmıştır. Bu da şeritvarî hamuleler için taban tazyik intişarının mustatil şekline yaklaştığı için kabul olunabilir.

φ_r zaviyesine gelince (şekil 41 a) ya müracaat.

Zemin şekline tâbi'iyet:

1 — Sert kaya için elâstikiyet nazariyesi muteberdir.

2 — Kum, çakıl gibi cer ve kayma mukavemetine malik olmıyan taneli zeminler için, (34-43) No. lı yığınlara mahsusen istihraç edilen muadeleler muteberdir.

3 — Kil, marn gibi, rabıtalı zeminler için ilerideki bahiste daha mütemmim malûmat verilecektir.

Zeminlerin mukavemet kabiliyetleri hakkında Krey büsbütün başka yollara sapmıştır.

Şimdiye kadar bahsetmiş olduğumuz taharriler elâstikiyet nazariyesini esas ittihaz ettik Bu hususta Kögler inşaatı sınaiyenin amelî sahada kayma mantıkasının 3 üncü devredeki tebdili şeklinin muayenesi mevzuubahs olmadığını ileri sürdüğü halde Krey bunun aksine olarak zeminin kayma vaziyetinin tamamile tetkik edilmesine lüzum görmüştür. Fakat yaptığı tetkikatın neticeleri müsbet çıkmamış bilâkis menfi çıkmıştır. Yani gerilmeleri ararken kaymaya karşı emniyet derecesini bulmuştur.

Temel zemininin mukavemeti pasif toprak tazyikinin hususî bir halini teşkil ettiği farzedilir (yani ufkî bir istinat duvarı, şakulî kuvvet istikametleri). Şimdiye kadar tatbik edilen takribî hesap usulleri müsbet bir netice vermemektedir. Bâhusus düz kayma satıhlarında (Coulomb) metoduna göre icrayı tesir eden pasif toprak tazyiki gayrı kabili tayindir.

Buna karşı Krey daireviyüşşekil ivicaçlı kayma satıhları ile taharriyatı yapmağa çalışmıştır. Mamafi şunu söylemek lâzımdır ki Krey'in bulmuş olduğu sureti hallin ancak müteaddit ve gayrı müsait faraziyelerin yardımı ile mümkün olduğu ve bundan dolayı emniyet derecesinin bir hayal halinde kaldığı ve bu usulün vücude gelmekte olan gerlime ve çökmelerin miktar ve şekilleri hakkında hiç bir surette bir fikir vermemekte bulunduğu cihetle amelî sahada bunun tatbiki tereddüdü muciptir. Tecviz edilen hamulenin hiç bir zaman altından temelin kayması veya çökmesini mucip olan bir hamulenin muayyen bir kısmını teşkil ettiğini kabul etmek doğru bir şey değildir. İnşaatın altında bir toprak kayması teşekkülü hakkındaki Krey'in fikir ve mütaleasına iştirâk etmektedir. Toprağın kayma sathına karşı olan tazyiki inşaata mesnet teşkil etmektedir. Lohmeyer pasif toprak gerilmesi için şu formülü tesbit etmiştir.

$$\sigma_t = \frac{t_g(45° + \varphi/_2)}{t_g(45° - \varphi/_2)} \cdot \frac{\gamma_e \cdot t}{n} \quad \text{.............................} \quad (44)$$

Krey'in mütalealarının menfi çıkması gibi bu formülün de menfi olduğu tebeyyün etmiştir.

Kögler ve Scheidiğ tarafından yapılan tecrübeler Achen'deki Prof. Pröstel tarafından son zamanlarda tevsi edilmiş ve netice de umumiyetle Freiberger'in yaptığı tecrübelere mutabık olduğu anlaşılmıştır. Her halde Pröstel'in yaptığı tecrübe diğerlerinin yaptığı tecrübelerle tamamile tetabuk etmemiştir. Kögler hamule satıhlarının kenarları altında 0 kıymetinde gerilmeler tesbit ettiği halde hamule satıh kenarlarında zeminde mevcut tazyik gerilmelerini ölçmüştür. Bunların civarında bulunan zeminin hamuleye iştirâki ve hamulenin bir kısmını üzerine almağa kabiliyetli ol-

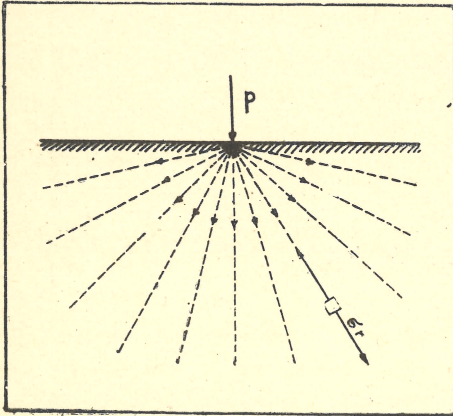
duğu anlaşılmıştır. Fakat mücavir zeminin bu hususteki iştirâkinin ne dereceye kadar olduğu malûm olmadığı cihetle ameliyat için Kögler tarafından tazyikin tesiri hakkında ileri sürülen nazariye ve bu nazariyedeki hamule sathının kenarındaki gerilmelerin pek küçük oluşu faraziyesi inşaata hakkile ve daha büyük bir emniyet derecesinin istihsaline hizmet edeceği bedihîdir.

1 - Dr. İng. Fröhlich'e göre kuvvetin hattı müstakim intişarı prensipleri:

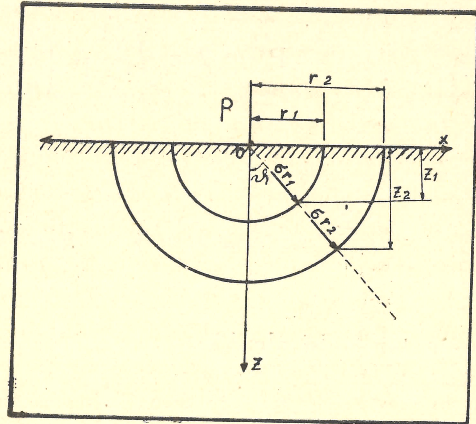
Evvelki bahislerde (34 ve 35) No. lu muadeleler mucibince elâstiki, izotrop, yarım küre şeklindeki cisimler için Boussinesq nazariyesinin bu bapta yapılan tecrübelere mutabık olduğunu göstermiştir. Bir inşaatı sınaiyenin temelinde şakulî olarak icrayı tesir eden gerilmelerin sureti tevzini hesap etmek için Dr. İng. Fröhlich nazariyesinin umumî şekli olan Boussinesq'in nazariyesi istimal edilir.

Elâstikî bir nısıf kürenin merkezine münferit bir kuvvet icrayı tesir ettiği zaman husule gelen tazyikler muayyen kaim mahrekler şeklinde nısıf küre dahiline intişar ederler. Boussinesq nazariyesine göre şuaî münhaniler teşekkül eder. Elâstikî ve gayrı kabili tazyik sulp cisimlerde bu münhaniler müstakime müncer olurlar. (Şekil 42). Bu takdirde arzanî inbisatın rakamı z = m olur. Kuvvetli bir teğayyür ile işbu kuvvetin müstakim olarak intişarı kabili tazyik cisimlerde kullanılır. Çünkü m rakamı kıymetini değiştirirse gerilmelerin sureti tevziinde çok büyük bir tebeddülât husule gelmiyecektir.

Trajektörlerin (kaim mahrekler) takribî olarak m = 2 den m = 4 e kadar müstakim kalacakları kabul olunabilir. Bundan fazla olarak hiç bir noktada cer kuvvetlerinin husule gelmiyeceği farzedilirse işbu nazariye dahi zerratı arasında rabıtası az olan cisimlerde kullanılabilir. Yani bu nazariye yalnız rabıtalı zeminler için değil, aynı zamanda umumî mahiyette olup kum ve çakıllı zeminler için kabili tatbiktir. Tetkikatımıza esas olarak nazarı itibara aldığımız hüzmei şuaiyeyi r_1 ve r_2 (şekil 43) nısıf kutrunda olan iki nısıf küre ile katedecek olursak ve merkezlerine de münferit bir kuvvet icrayı tesir ettirirsek tazyiklerin inkisamı her iki nısıf küre satıhlarında aynı



Şekil : 42 — Dr. Fröhliche göre tazyikin hattı müstakim olarak intişarı.



Şekil : 43 Dr. Fröhliche göre zeminde tazyikin hattı mustakim olarak intişar şekli

müstakim şeklinde inşia edeceğinden şuaların teşkil ettikleri nısıf kuturlar istikametinde husule gelen gerilmeler r_1 ve r_2 nısıf kuturlarının murabbalarile makûsen mütenasip olarak tenakus ederler.

Yani:

$$\sigma_{r_1} : \sigma_{r_2} = \frac{1}{r_1^2} : \frac{1}{r_2^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (45)$$

olur. Çünkü tazyiklerin her iki nısıf küre satıhlarına kuvvetin hattı müstakim şeklinde intişarı dolayısiyle mütesaviyen intişar etmektedir.

Nısıf kürenin sathından sol veya sağa doğru en derin noktadan itibaren yürürsek o vakit nısıf kutur r_1 sabit kalır. Halbuki nazarı itibara alınan noktanın, z derinliği tenakus eder. P nin tesir hattında amud mihverde r = z olur. Fröhlich'e göre lâalettayin bir nokta için şu muadele yazılabilir:

$$\sigma_{r_1} : \sigma_{r_2} = \frac{Z_1^{\nu-2}}{r_1^{\nu}} : \frac{Z_2^{\nu-2}}{r_2^{\nu}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (46)$$

Bu muadelede ν parametredir.

Tesir ve aksi tesir nazariyesine göre P kuvvetinin her bir tesirinde gerilmeler dahi münasip bir surette değişecektir. Binaenaleyh σ_r olan gerilme ile P arasındaki münasebet şu şekilde ifade olunabilir.

Bu muadelede ν parametredir.

$$\sigma_r = C.\,P\,\frac{Z_2^{\nu-2}}{r^{\nu}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (47)$$

Amudî mürekkiplerinin yekûnu daima P ye müsavi olacaktır. Yani:

$$P = \int_{\vartheta=o}^{\vartheta=\frac{\pi}{2}} \sigma_r \cos\vartheta\, dF \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (48)$$

asgarı namütenahi dF sathı

$$dF = 2\,\pi\, r^2 \sin\vartheta\, d\vartheta$$

ve bundan

$$P = 2\,\pi \int_o^{\frac{\pi}{2}} C.\,P \left(\frac{Z^{\nu-2}}{r^{\nu-2}}\right) \cos\vartheta \sin\vartheta\, d\vartheta$$

veyahut

$$\frac{Z}{r} = \cos\vartheta \;:\; 1 = 2\,\pi\, C \int_o^{\frac{\pi}{2}} \cos^{\nu-1}\vartheta \sin\vartheta\, d\vartheta$$

bunun tamamisi alındıkta:

$$C = \frac{1}{2\,\pi \int_o^{\frac{\pi}{2}} \cos^{\nu-1}\vartheta \sin\vartheta\, d\vartheta}$$

$$C = \frac{\nu}{2\,\pi} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (49)$$

47 No. lu muadele şu suretle de yazılabilir:

$$\sigma_r = \frac{\nu.\,P}{2\,\pi\, r^2} \cdot \cos^{\nu-2}\vartheta \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (50)$$

ν olan parametre muvazeneten gayrı muayyen bir miktar olup gerilme tevziatının emsali tesmiye edilir. En basit gerilme hali için maruf olan gerilme dairesi kullanıldığı takdirde şakulî gerilme mürekkibi:

$$\sigma_z = \sigma_r \cdot \cos^2 \vartheta$$

ve binaenaleyh: $$\sigma_z = \frac{\nu . P}{2 \pi r^2} \cos^{\nu} \vartheta \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (51)$$

gerilme tevziat emsalinin kıymetleri 1 den 6 ya kadar hesap olundukta âtideki cetvel elde edilir.

Gerilme tevziat rakamı ν	Muadele (50) σ_r	Muadele (51) σ_z	Faktor
1	$\frac{1}{\cos \vartheta}$	$\cos \vartheta$	$\frac{P}{2 \pi r^2}$
2	1	$\cos^2 \vartheta$	$\frac{P}{\pi r^2}$
3	$\cos \vartheta$	$\cos^3 \vartheta$	$\frac{3 P}{2 \pi r^2}$
4	$\cos^2 \vartheta$	$\cos^4 \vartheta$	$\frac{2 P}{\pi r^2}$
5	$\cos^3 \vartheta$	$\cos^5 \vartheta$	$\frac{5 P}{2 \pi r^2}$
6	$\cos^4 \vartheta$	$\cos^6 \vartheta$	$\frac{3 P}{\pi r^2}$

$\nu = 3$ olduğu zaman elde edilen netice Boussinesq'in muadelesindeki $m = 2$ vazolundukta istihsal edilen netice, aynen hususî bir halini temsil eder.

2 - Elâstikî bir zeminin gerilme tevziat rakamına sureti tesiri:

Asgarî tagyiri şekil işine ait prensipi takip edecek olursak o vakit öyle yeni bir münasebet elde ederiz ki bununla tahtı müşahedeye aldığımız zeminin bütün karakteristik hassalarını çıkarabiliriz.

Terzaghi kil ve kumun elâstikiyeti hakkında yapmış olduğu tecrübeler ile zeminlerin elâstikiyetini tayin hakkında iki muhtelif kanun takip ve ikame etmiştir.

I nci kanun: E = elâstikiyet emsali, sabittir. II nci kanun: E = Elâstikiyet emsali = k . z dır; yani elâstikiyet, sathı zeminden itibaren derinliğe doğru mütenasiben büyür.

Birinci kanun takribî olarak kil gibi yüksek rabıtalı zeminlere;

İkinci kanun ise serbest ve rabıtasız zeminlere tatbik olunur.

2 yarım kürenin arasındaki hacim V ile ve tagyiri şekli A ile gösterilirse malûm olan

Şu muadelei teazuliyeyi yazabiliriz:

$$A = \frac{1}{2}\int_{o}^{\nu} \frac{\sigma_r^2}{E} \cdot dV$$

Birinci kanuna göre E = sabittir ve

$$dV = dF. dr = 2\pi r^2. \sin \vartheta. d\vartheta. dr.$$

ve (50) No. lı muadeleye göre konulur ve tamamî alınırsa o vakit şu muadele elde edilir:

$$A = \frac{P^2}{4\pi} \frac{1}{E} \left[\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right] \frac{r^2}{(2r-4)+1} \quad \text{.........................} \quad (50)$$

A kıymetinin asgarî olabilmesi için $\frac{dA}{dr} = 0$ olması icap eder. Tefazulî alındıktan sonra $\nu = 3$ olur ve 50 No. lu muadele şu şekli alır.

$$\sigma_r = \frac{3P}{2\pi r^2} \cos \vartheta \quad \text{........................} \quad (50\,a)$$

Yukarıda zikrettiğimiz bu muadele Boussinesq tarafından vazolunan ve m = 2 kıymeti için bulunan neticenin aynıdır. m, arzanî inbisat emsalini ifade eder.

Yukarıki ifadelerden anlaşılıyor ki gerilme tevziatı $\nu = 3$; ancak 1 No. lu elâstikiyet kanunu yani E = sabit neticesi vuku bulur; veyahut daha kısaca zemin maddesi için Hooke kanunu muteber olduğu takdirde mer'i olur. 2 No. lu kanundaki şarta riayet edildiği takdirde yani elâstikiyet modülü olan büyük E nin derinliğe doğru hattî olarak tezayüdü nazarı itibara alınarak tamamî muamelesi icra edilirse o vakit tagyiri şekli işini gösteren formül aşağıdaki şekli alır:

$$A = \frac{P^2}{8\pi} \cdot \frac{z}{E} \left(\frac{1}{r_1^2} - \frac{1}{r_2^2}\right) \cdot \frac{r^2}{(2r-5)+1} \quad \text{........................} \quad (53)$$

Ve

$$\frac{dA}{d\nu} = 0$$

Ve

$$\nu = 4$$

Ve

$$\sigma_r = \frac{2P}{\pi r^2} \cdot \cos^2 \vartheta \quad \text{........................} \quad (50b)$$

Tabiatta umumiyetle gerilme tevziat rakamının hududu ν 3 ilâ 4 arasında bulunmaktadır.

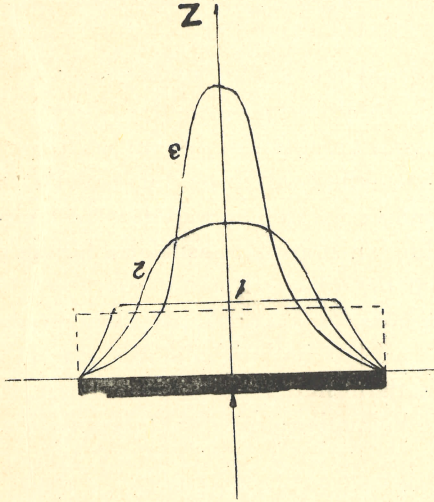
$\vartheta = 0$ olduğunda yani gerilmelerin istikameti, kuvvetin şakulî istikametini aldığı zaman σ max zeminin r derinliğinde işbu âtideki miktardan yanında bulunan diğer miktara tezayüt eder. Yani gerilme $\frac{3.P}{2\pi r^2}$ iken $\frac{4.P}{2\pi r^2}$ tezayüt eder.

Binaenaleyh miktarın 1/3 ü veyahut % 33 miktarında tezayüt etmiş olur Aynı nisbet dairesinde gerilme tevziatının parametresi olan ν dahi tezayüt edecektir. Geoteknik tecrübeler parametrenin sureti intihabı hakkında kıymetli işaretler vermektedir. Bu suretle ν maksada uygun bir şekilde intihap edilirse zeminin tahmilden evvelki vaziyetini anlamak için yapacağımız tahmil hesabatında hakikate daha fazla yaklaşılmış olur.

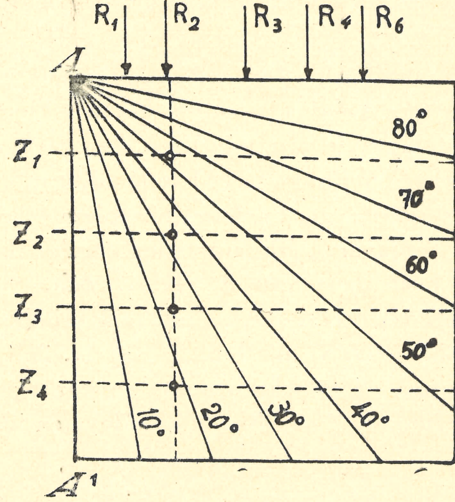
Şekil (44) de ν nin tezyüdü suretiyle bir levhanın altında 1, 2, 3 gerilme tevziatını gösteren münhaniler görülmektedir.

$\nu = 2$ için $\sigma_r = \dfrac{P}{\pi r^2} =$ sabittir. Yani mütesavî bir gerilme tevziatı mevcuttur. Aksi tesirin azamîsi vukuunda kumdaki gerilme tevziatı $\nu = 6$ kıymetine varır.

Şekil (44) de dairevî şekilde ve inhinaya mukavemeti fazla olan levhalarda muhit ortadaki



Şekil: 44



Şekil: 45

kısmın hesabına hamuleyi tahfif eder, hamule tahfif mantıkasının muhiti hamule sathının nısıf kutruna tâbi değildir.

Tahmil edilen levha satıh üzerinde olmayıp bu satıhtan itibaren muayyen bir derinlikte olduğu takdirde plastisite hali kritik kenar hamulenin hududunu ancak geçtikten sonra husule gelir. Bunun kıymeti γ olan zemin hacim sıkletine φ_r olan dahilî delk zaviyesine t olan temel derinliğine ve bundan başka koyu zeminlerde rabıta emsali olan p_k ya tâbidir.

İşbu kritik kenar hamulesinin miktarı: rabıtasız zeminlerde Fröhliche göre:

$$q_{tr} = \frac{\pi.\gamma.t}{\operatorname{ctg}.\varphi_r - \left(\frac{\pi}{2} - \varphi_r\right)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (54)$$

Ve rabıtalı zeminler için

$$q_{tr} = \frac{\pi(\gamma.t + p_k)}{\operatorname{ctg}.\varphi_r - \left(\frac{\pi}{2} - \varphi_r\right)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (55)$$

Ve hacim sikleti için şu muadeleyi yazabiliriz:

$$\gamma = (\gamma_k - \gamma_F)\ (1 - n) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (56)$$

İşbu muadelede γ_k zemin zerratının hakikî izafî sikletidir. Ve γ_F zemin mesamatını dolduran mayiin izafî sıkletini ve n mesamatın vahit hacmini ifade eder.

Misal: Muadele 24 veya 56 nın ifadesini hususî bir hal için tatbik edelim. Bu hususî halde kuru kum ve çakıldan mürekkep bir zemin malzemesini kale alalım. Bu gibi malzemeler için:

$\gamma_k = 0.00265$ kg./cm³.
$\gamma_F = 0$
$n = 0.322$
$\gamma = 0{,}00185$ kg./cm³.

Temel derinliği $t = 100$ cm

Aranan q_{tr} olan kritik kenar hamulesi;

$\varphi_r = 30^0$ olduğundan 54 No. lı muadele

ve $q_{tr} = 0.847$ kg/cm².

$\varphi_r = 35^0$; $q_{tr} = 1,241$ kg/cm².

ve $\varphi_r = 40^0$; $q_{tr} = 1,822$ kg/cm². olur.

olur.

İşbu misallerden Fröhlich nazariyesine göre zemin mihanikinin esasatı hakikiyesine uygun ve gayet basit ve kolay bir suretle hesap edildiğini görüyoruz. Bundan sonra müteaddit ve münferit sıkletler dolayısiyle zeminde hasıl olan gerilmeninsureti tevziini bulmak için umumî usulleri göstereceğiz. Bu usuller Paristeki (1) müteaddit münferit kuvvetler olduğu takdirde bu kuvvetlerin herhangi derinlikteki gerilmelerini hesaplamak için A amudî mihverine aynı mesafede olan kuvvetlerin hasılasını toplayarak bir kuvvetler gurubu teşkil ederiz. Bundan sonra bu hasılaların husule getirdiği kürevî nısıf mevcelerin R_1, R_2 ... ilâh... nısıf kuturlarını hesaplarız. Bundan sonra şekil 45 de gösterildiği veçhile A—A amudî mihverinden mesafelerine göre bilmikyas R_1, R_2 kuvvet muhassalaları tersim edilir ve matlup z_1, z_2 ... ilâh. derinliklerine ait ufkî hatlar çizilir Bu z lerle muhassala istikametlerinin tekatu noktalarını merkeze vasleden hatların kutup zaviyeleri bulunur. σ_z olan amudî gerilmeler (51) No. lu muadeleden istihsal edilerek kıymetlerini şu şekilde yazabiliriz:

$$\sigma_z = \frac{\nu P}{2 \pi z^2} \cdot \cos.^{\nu-2} \vartheta \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (51a)$$

Bu muadele σ_z yalnız z derinliğine ; ϑ zavisine ve ν parametrenin kıymetine tâbidir. Bu muadeleyi pratik olarak basitleştirmek maksadiyle Bernatzik tarafından umumî bir nomogram yapılmış ve bu nomogram şekil 47 de gösterilmiştir. σ_z nin kıymetleri şekil 46 ya tâbi olan cetvelde yazılmıştır. Nomogram ν = 3,4 veya 6 olduğuna göre tanzim edilmiştir. (Cetvel 2). Bu no-

pt	Z_1 = ... m		Z_2 = ... m		Z_3 .... m		Z_4 = ... m	
	ϑ	$\Delta\sigma_z$	ϑ	$\Delta\sigma_z$	ϑ	$\nabla\sigma_z$	ϑ	$\nabla\sigma_z$

σ_{z_1} = ... σ_{z_2} = ... σ_{z_3} = ... σ_{z_4} = ...

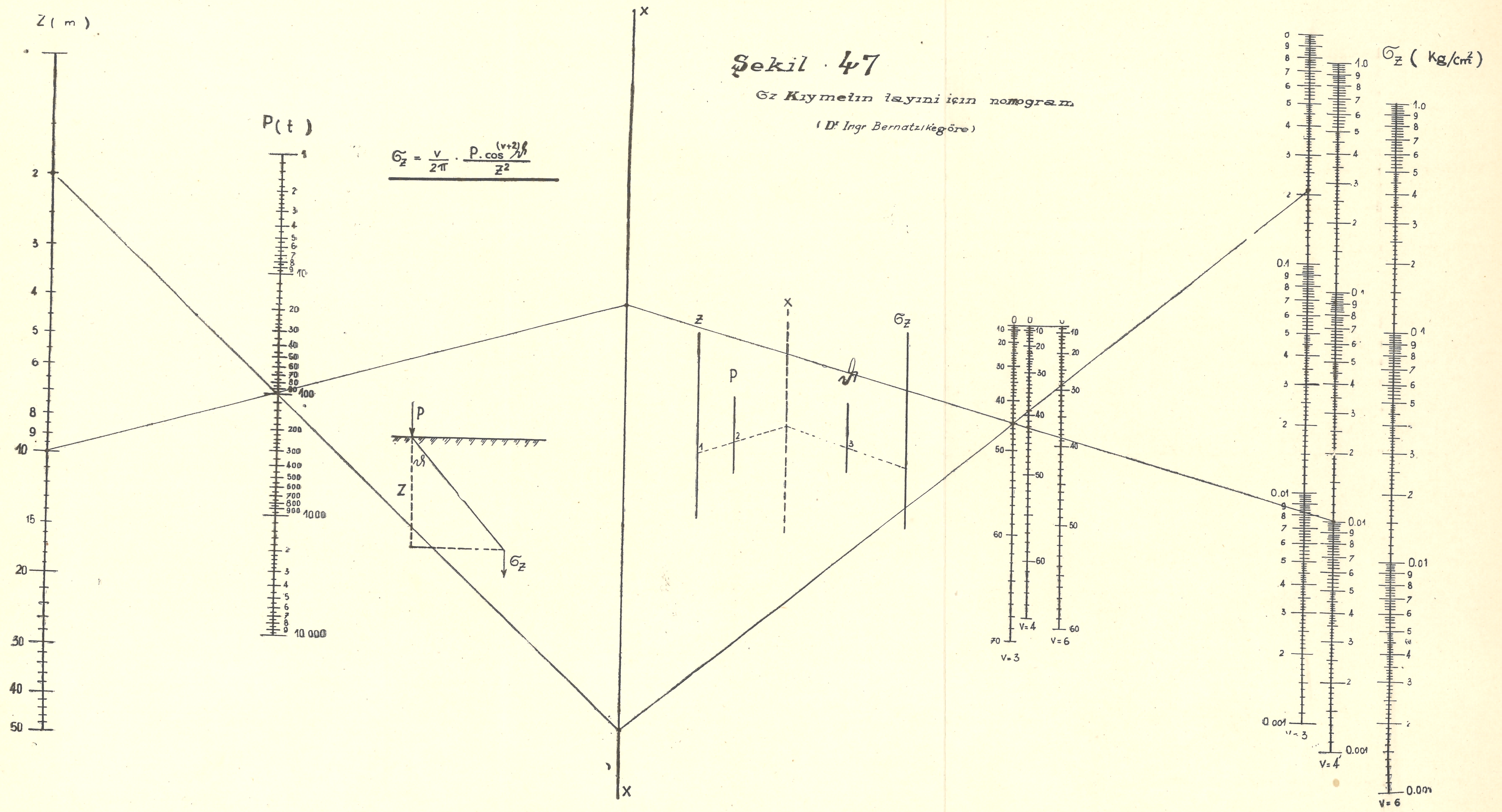
Şekil: 46

mogramın sureti tatbikini kolaylıkla anlatmak için 2 misal alınmış ve misaller şekil 47 de çizilen 2 hatla gösterilmiştir.

Nomogramın sureti tatbiki;

Misal (1) Malûm olan bir noktanın satha olan dernilğı $z = 10$ m, kutup zaviyesi $\vartheta = 40^o$, hamule $P = 100$ ton, gerilme tevziatı rakamı $\nu = 3$.

(1) Centre d'études et de recherches géotechn. 16, Avenue Hoche, Paris, Bulletin No. 2



Şekil · 47

σz Kıymetin tayini için nomogram

(Dr. Ingr Bernatzık'e göre)

Nomogramda görüldüğü veçhile çizilen hattı amudî gerilme mürekkebi σ_z için 0.082 kg/cm^2 bulunur.

Misal (2)

Malûm olan bir zemin altındaki derinilği $z = 2$ m ; kutup zaviyesi $\vartheta = 45^0$ ve hamule $P =$ 100 ton, gerilme tevziat rakamı $\nu = 3$.

Nomogramda görüldüğü veçh üzere çizilen hat $\sigma_z = 0{,}21$ kg / cm^2 bulunmaktadır.

b — Rabıtalı zeminlerdeki tasman hesabı (kil veya marn veya buna müşabih zeminler) .

Atideki nazarî tetkikat Terzaghinin gösterdiği veçhile ancak tasman hesabında iptidaî bir tecrübeden ibaret olacaktır. Çünkü Terzaghi ileride göstereceğimiz basitleştirme usulünün istinat ettiği bu nazariyenin tatbikinin unutulmamasını tavsiye eder. Tetkikat âtideki kaziyelere istinat eder.

1 — Zemin rabıtasını tavsif eden emsaller tesbit edilirken zeminin tabiattaki karakteri ile lâboratuvarda icra edilen rabıta tecrübesinin verdiği neticelerin tetabuk ettiği farzedilir.

2 — Killi zeminlerin havasız mesamatının su ile dolmuş ve binaenaleyh gayrı kabili tazyik olduğu farzedilmektedir.

3 — Darcy kanununa göre zemin nümunesindeki filtre sürati hesap edilmiştir. Kil nümunesinin tecrübesi yapılırken mesamat suları ancak bu tecrübede şakulî olarak harice çıkarılmıştır. Halbuki tabiatta mesamat suyunun çıkması hem cenbî, hem şakulîdir. Nümunenin cidar inbisatının menedilmesile tabiattaki karakterinden ayrılmış olur.

4 — Zemin rabıtasının bozulma müddeti ancak ve yalnız suyun harice çıktığı esnada maruz kaldığı akma mukavemetine tâbidir.

5 — Tesir ve aksi tesir kanununa göre (zemin tabakatının tevzi kanununa) gerilmelerin hesabındaki kavait tesir altında kaldığı hâdisata tâbidir.

1 - Darcy kanunu

Darcy kanununa göre vahit zamanda vahit satıhtan çıkan mesamat suları âtideki muadele ile tesbit edilmiştir.

$$Q_z = k.i \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (57)$$

İşbu muadele i tazyik irtifaının meylini, k tenasüp rakamını ifade eder.

Bu tenasüp kıymeti nüfuziyet emsali demektir. Tazyik irtifaının meyli; birbirinden d z mesafesinde mürtefi iki noktanın arasındaki hamule zayiatına tâbi olarak şu muadele ile ifade edilir:

$$i = \frac{d\left(\frac{w}{\gamma}\right)}{dz} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (58)$$

İşbu muadele w ; z noktasında vahit satıhtaki hidrostatik tazyiki ifade eder. γ ise mesamat dahilinde harekete gelen mayiin sıkleti izafiyesini gösterir. ı nin müsavisi (58) inci muadeleden alınıp (57) inci muadeleye konulduktan şu formül elde edilmiş olur:

$$Q_z = \frac{k}{\gamma} \cdot \left(\frac{d\ w}{dz}\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (59)$$

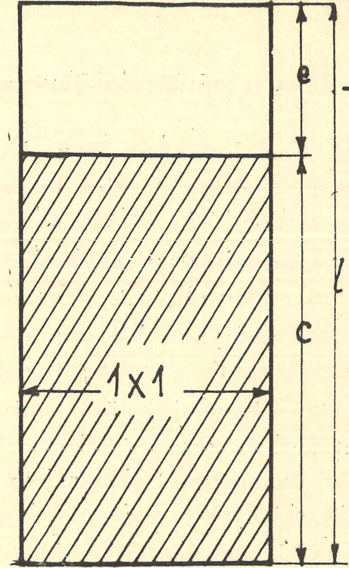
2 - İzafî mesamatın su zayiatı

Mesamat emsali ε için II inci faslın umumî tarifler kısmında şu nisbeti bulmuştuk :

$$\varepsilon = \frac{v - v_s}{v_s}$$

Yani o zaman da bu muadeledeki v ile nümunenin hali tabiîdeki hacim nisbetini ve v_s ile aynı nümunenin kuru bir haldeki vaziyetini ifade etmiştik.

Şimdi l tulünde vahit maktaında şekil 48 de gösterildiği veçhile bir zemin menşurunu kale alalım: Bu menşuru biri nazarî sıkışma haddine kadar teksif edilmiş zerratı ihtiva eden l tulünde ve diğeri boşlukları ihtiva eden l - c iki menşura ayırdığımızı farzedelim. Böyle bir menşur ve şakulî bir kuvvet tatbik edip cidarlarının tevessü edemiyeceğini kabul edersek yukarıda zikrettiğimiz c tulü değişmiyecek ve fakat l - c tulündeki boşluk menşurunun e hacmi tenakus edecektir. Şekilde görüldüğü veçhile:



Şekil: 48

$$l = c + e$$

ve $\Delta l = \Delta e$ olacaktır.

Birinci fasıldaki tarifat üzere c = sabit olduğuna göre

$$\varepsilon = \frac{l}{c} \quad \text{ve} \quad l = c.\varepsilon$$

$$\Delta\varepsilon = \frac{\Delta l}{c}$$

ve bundan : $\Delta l = c \,.\, \Delta\varepsilon$

ve bundan da izafî tazyik:

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{\Delta e}{c+e} = \frac{c,\Delta\varepsilon}{c + c\varepsilon} = \frac{\Delta\varepsilon}{1+\varepsilon} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (60)$$

İkinci fasılda Odeometre tecrübesile tazyiki mesamat emsal diyagramı vazıhan tarif edildiği gibi p vahit tazyikine göre mesamat emsali ile sıkışma emsalinin nisbeti tefazuliyesi de gösterilmiş idi. Buna binaen 1 inci fasıldaki sıkışma emsali için yazmış olduğumuz $a = \frac{\Delta\varepsilon}{\Delta p}$ muadelesindeki $\Delta\varepsilon$ kıymeti 60 No. lu muadeleye konuldukta şu neticeyi elde etmiş oluruz:

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{a}{1+\varepsilon} \cdot \Delta p \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (61)$$

Bu muadeleyi kısaltmak için Fröhlich'in verdiği v nin kıymetini ifade eden aşağıdaki münasebet alınırsa

$$v = \frac{a}{1+\varepsilon} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (62)$$

ve işbu kıymetin mesamatın izafî su zayiatını ifade etmesi cihetle buna istinaden (61) No. lu muadele şu şekli alır:

$$\Delta l = v.\ \Delta p.l \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (63)$$

İşbu muadelenin ifade ettiği münasebet şudur: l tulünde ve gerilme irtifaı Δp olan bir zemin menşurunun içindeki su sütununun irtifaı, mesamatın izafî su zayiatının Δp tazyik tahavvülâtının

hasılı zarbına müsavi olduğundan dolayı menşurun eski tulüne muadildir. v olan izafî mesamat su zayiatının makûs kıymetine tazyik modülü tesmiye edilir ve onun kıymeti formülde M_c ile ifade edilir. Bu tariflere binaen 60 ıncı muadele de şu şekilde yazılabilir:

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{1}{M_c} \cdot \Delta p \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (64)$$

İşbu muadelenin Hook kanununa müşabih olduğunu görüyoruz. Yalnız Hook muadelesinde elâstikiyet modülü olan E yerine bu muadelede tazyik modülü olan Mc kaim oluyor. Tazyik modülünün eb'adı aynen elâstikiyet modülünün eb'adıdır. Yani bir gerilmenin eb'adıdır.

KİLDEN MESAMAT SUYUNUN AKINTISI HAKKINDA MUADELEİ TEFAZULİYE

Profesör Dr. Terzaghi'nin gösterdiği veçhile tahmil edilen zemin tabakasındaki suyun cereyanı suhunetin temadi sevkine müşabihtir. Bu müşabehet için Terzaghi termodinamik müşabehet tâbirini kullanmıştır. Zemin mesamat tanelerinin birbirine karşı olan tazyik gerilmesi ile ve mesamatta mevcut suyun hidrostatik tazyikini w ile ifade edersek zeminin daha derin bir mantıkasına inildikte:

$$w = p_1 - p \quad \text{ve}$$
$$dw = -\,dp$$

ve 59 No. lu muadeleye göre: $$Q_z = \frac{k}{\gamma} \cdot \frac{dw}{dz}$$

dt vahit zamanında tazyikin dp miktar tezayüdüne göre su cereyan miktarını şu muadele ile ifade edbeiliriz:

$$\frac{dQ_z}{dz} = v. \frac{dp}{d\,t} = -\,v\,\frac{d\,w}{dt} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (65)$$

Bu münasebet II inci faslın 36 No. lu muadelesindeki sıkışma emsalini tarif eden münasebetten de istihraç edilebilir. Çünkü mesamat emsali kurumuş olan maddenin vahit hacminde bulunan su miktarını ifade eder. Yani: $dQ_z = \frac{d\varepsilon}{1+\varepsilon}$ vaz olundukta v nin dahi izafî mesamat su zayiatını ifade etmesi dolayısiyle 59 No lu muadelenin her iki tarafının tefazulisi alındıkta şu muadeleyi elde etmiş oluruz.

$$\frac{dQ_z}{dz} = \frac{k}{\gamma} \cdot \frac{d^2w}{d\,z^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (66)$$

65 ve 66 No. lu muadeleler birbirine müsavi kılındıkta cereyan şeklini gösteren âtideki ikinci derece tefazul muadelesini elde etmiş oluruz.

$$\frac{k}{\gamma . v} \cdot \frac{d^2w}{d\,z^2} = \frac{dw}{dt} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (67)$$

İşbu muadele teşekkülü itibarile, suhunetin izotrop muadelesindeki temadisine ait esas muadelenin bir muadilidir. 67 No. lu muadeledeki $\frac{k}{\gamma . v}$ ibaresi yerine c konulduğu takdirde muadelemiz şu şekli alır:

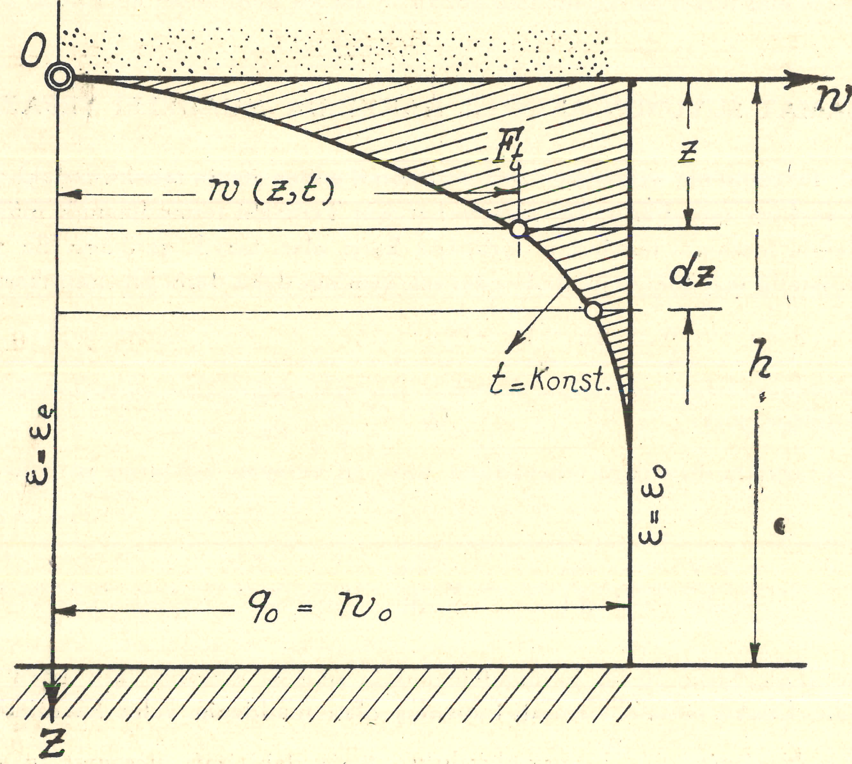
$$c = \frac{k}{v\,\gamma} = \frac{k}{a\,\gamma}\,(1+\varepsilon) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (68)$$

Terzaghi ve Fröhlich'e göre c ye sulpleşme emsali ismi verilmiştir.

3. - Sulplaşmakta bulunan bir kil tabakası dahilinde tasmanın umumî muadelesi:

Kilden müteşekkil bir tabaka q_0 gibi mütesavi bir hamuleye maruz bırakılırsa ve bu tabakanın hududunu teşkil eden satıhlar kabili nüfuz bulunursa o vakit amudî istikamette ve kabili nüfuz bulunan hudut sathına doğru kil tabakasındaki mesamat suyu harekete geçer.

Bilûmum hidrostatik w_z tazyikleri münteha noktaları muayyen ve sabit muhtelif z derinliklerine göre her bir t zamanı için ufkî bir mihver üzerine tersim edilirse o vakit bir münhani elde edilmiş olur. Bu münhaniye İsochron ismi verilir. Şekil 49. Bu münhaninin muadelesi 53 No. lu



Şekil: 49

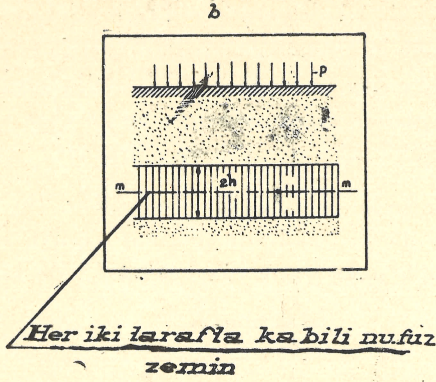
kısmı muadelei tefazuliyenin tamamisinin alınmasile elde edilir. Maamafih biz bu hususta muadelenin takribiyetinin halli için iktifa edeceğiz. (Bu takdirde İzochronların parabol şeklini almış oluyoruz.) d z kalınlığın ve z derinliğinde bir lâmelânın t kadar bir müddet tazyik ile sıkışmasından sonra hasıl olan ds miktarı bu müddet zarfında tazyik ile sıkışmasından dolayı harice çıkan su sütununa muadildi. Binaenaleyh evvelce yazdığımız 63 üncü muadele: $l = v. \Delta p.l$ ve bundan dolayı:

$$ds_t = v\,(q_0 - w_z)\,dz \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (69)$$

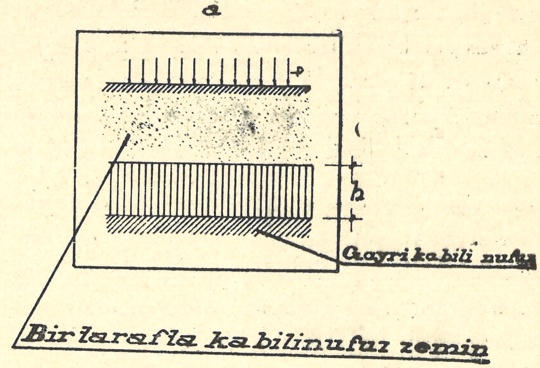
İşbu muadele izafî mesamat su zayiatını ifade eder. 69 uncu muadelenin her iki tarafının tamamisi alınırsa:

$$s_t = v \int_{z=0}^{z=h} (q_0 - w_z)\,dz = v. \left\{ q_0.h - \int_0^h w_z\,dz \right\} \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (70)$$

Kerre dahilinde bulunan ifade şekil 50 de taranmış olan F_t sathını ifade eder. İşbu satıh için şekle göre şu ifadeyi yazabiliriz:



Şekil: 50



Şekil: 51

$$F_t = \mu \; q_0 \; h$$

$$q_0 . h = F_0 \quad \dots\dots\dots\dots \quad (71)$$

$$F_t = \mu \; F_0 \quad \dots\dots\dots\dots \quad (72)$$

F bütün tahmil sathının ifade ettiği şekildir ki bizim bu meselemizde mustatildir. Sulplaştırma derecesini ifade eder. Buna göre 66 No. lu muadelede t müddetinden sonra tasman miktarı şöylece yazılabilir:

$$s_t = v. \; \mu. \; F_0 \quad \dots\dots\dots\dots \quad (73)$$

Bu muadeledeki

$$\mu = 1 - \frac{\int_0^h w_z . dz}{F_0} \quad \dots\dots\dots\dots \quad (74)$$

69 No. lu muadelede Fröhlich ve Terzaghinin vermiş oldukları tasman hesabının esas muadelesini teşkil eder. Buna göre İzochron münhanisi yani hidrostatik tazyiklerin münhanisi mevcut olduktan sonra mesamattaki izafî su zayiatı v ve tahmil sathı olan F_0 malûm oldukta sulpleştirme derecesi olan μ bilhesap bulunabilir. Çünkü $w_z = t$, z nin takribî olarak tâbiidir ve malûmdur.

$t = \infty$ olursa $F_t = F_0$ olur, bundan

$\mu = 1$ ve $s_\infty = v. F_0$ . . . . (73a) olur.

4 - Hidrostatik tazyik münhanilerinin kat'ı mükâfi olarak kabul edilmesi suretile hususî hallerin sureti hesabı.

Hamule sathı bir mustatil yani $F_0 = q_b . h$ olduğunu kabul edelim:

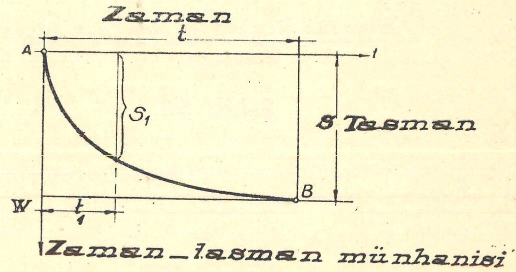
İşbu hususî mühim hal, killi bir tabaka üzerine birdenbire mütesaviyen münteşir bir hamule konulduğu takdirde hasıl olur ve bu en mühim hususî hal olarak telâkki olunur. Meselâ killi bir tabaka üzerine birdenbire muayyen ve sabit kalınlıkta bir çakıl tabakası tahmil edildiği zaman bu şekil vücut bulur. Ve tahmilden dolayı kil tabakasında q_0 gibi bir gerilme hasıl olur. Bu hususî halde iki şıkkın birbirinden tefriki lâzımdır.

a) Kil tabakasının yalnız üst tarafından gayrı kabili nüfuz bir tabaka ile ihata edilmiş bulunması yani altlarının kabili nüfuz bir tabaka ile hemhudut bulunması ve diğeri de,

b) Kil tabakasının üst ve altı gayri kabili nüfuz tabakalarla ihata edilmiş bulunmasıdır.

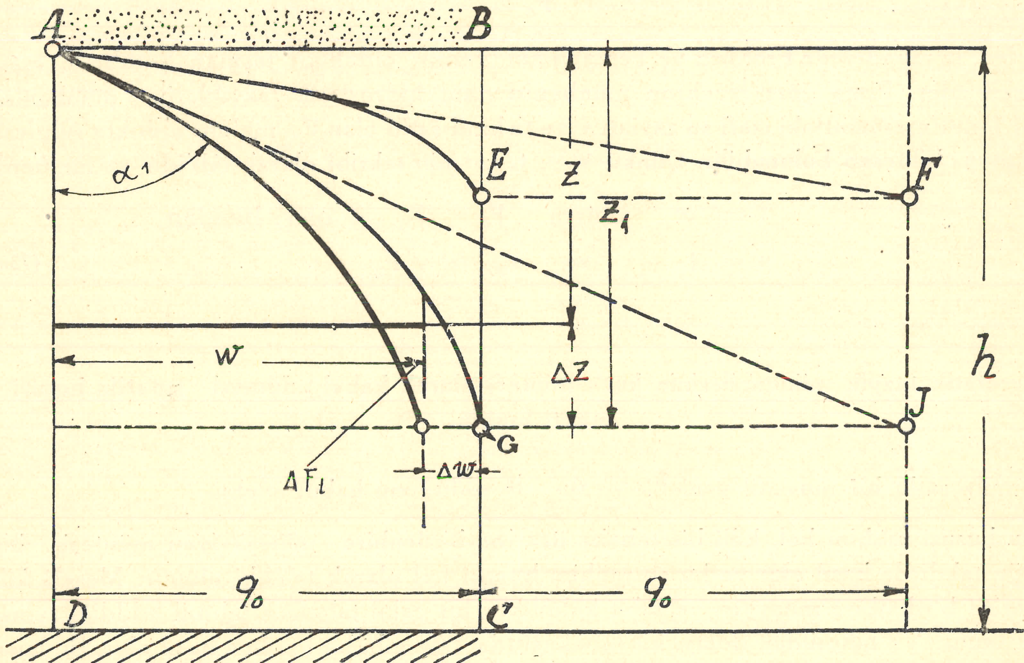
Terzaghi'nin gösterdiği veçhile b deki husus'yet a daki hususiyete icrayı tesir edebilr. Şöyle ki; b deki hususiyet kil tabakasının irtifaı 2h, a daki hususiyetin kil tabakası irtifaı h ile ifade edilirse ve vasatî satıh (nisbî satıh) b hususiyet halinde gayrı kabili nüfuz nazarile bakılabldiğinden gerilmelerin zamanla intişarını veyahut orta satıhtan itibaren sıkışmalar gerek yukarıya ve gerekse aşağı doğru aynı nisbet dairesinde tekrar inmelerini icap ettirir. Şekil 50 a ve 50 b ye müracaat.

Yürüttüğümüz hesabın hedefi zamanla hasıl olan tasman münhanisini bulmaktır. Bu münhanide tasmanlar fasla ve zamanlar tertiple gösterilir. Tabiî olarak hakkında tetkikat yapılan zemin çok veya az kabili nüfuz mazlemeyi ihtiva ederse münhani dik veya yatık olur. Şekil 52 de kil ve kum için zamana tâbi olan tasman münhanisinin tipi gösterilmiştir. Buna nazaran bir zemin hakkında bu münhaniyi elde ettikten sonra muayyen fasılaların da vuku bulacak tasmanları daha evvelden söylemek mümkün olacaktır.



Şekil: 52

Maamafih bu suretle bulunacak tasman miktarları kitabın diğer bir bahsinde söylendiği veçhile icrayı tesir eden bütün tesirlerin kısmen ihatası mümkün olduğu cihetle beklenilen tasmanlar hakkında da bu söylenilen miktarlar takribîdir. Zemin ileride 3 üncü fasılda umumî misallerle gösterileceği gibi zemin mihaniği hiç bir zaman yapılan inşaatta hasıl olan hakikî tasmanla nazarî olarak bulunan tasman miktarını mukayeseden ve her ikisine ait tasman münhanisini çizmekten feragat etmemelidir. Yürüteceğimiz hesapta Terzaghi, Fröhlich, Bernatzik ve Dachselhafer taraflarından tatbik edilen usule yani hidrostatik tazyik münhanileri nin (İzochron) ların kat'ı mükâfi kavislerinden ibaret olduğunu kabul edeceğiz. Şunu ilâve etmek isteriz ki Terzaghi bu işte bir takribiyet elde etmek üzere hidrostatik tazyik münhanilerini kat'ı mükâfi değil, bir hattı müstakim olarak almış ve hesabını ona göre yürütülmüştür. t zamanın



Şekil: 53

da şekil 53 de kil tabakasının üst kısmı G noktasına kadar sıkışmış idi. Mesamat suyu hareket münhanisini teşkil eden A. G kat'ı mükâfi kavsi C B noktasında temas ediyordu. Kat'ı mükâfiye

A noktasında çizilen mümas J noktasından Z derinliğine çizilen ufkî hattı G noktasında kat eder; bundan dolayı GJ = AB = q_0 olduğu malûmdur, ve A, B, G kat'ı mükâfi sathını Ft ile ifade edersek

$$F_t = \frac{1}{3} AB.Z_1 = \frac{1}{3} \cdot q_0 . Z_1 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (75)$$

olur. Mesamat suyunun Darcy kanununa nazaran aktığını kabul edersek o vakit (Δt) zamanında vahit satıhtan Z derinliğinde çıkan su miktarı şöyle ifade edilir:

$$Z : \Delta q_1 = \frac{k}{\gamma} (tg\alpha)_1 . \Delta t$$

$Z + \Delta z$ derinliğinde ise:

$$z + \Delta z : \Delta q_2 = \frac{k}{\gamma} (tg\alpha)_2 . \Delta t$$

olur. Mesamat su zayiatı (bu zayiat tazyikl Δz derinliğindeki unsurî parçadan çıkan su miktarı oulp bu miktar unsurî mik'âbın irtifa tebeddülüne ircâ edilerek âtideki tarzda yazılabilir:

$$\Delta(\Delta q) = \Delta q_2 - \Delta q_1 = \frac{k}{\gamma} \Delta tg\alpha . \Delta t = \Delta(\Delta z) \quad \ldots\ldots \quad (76)$$

67 No. lu muadeleye göre: $$\frac{\Delta(\Delta z)}{\Delta z} = \frac{a}{1+\varepsilon} . \Delta w \quad \ldots\ldots \quad (77)$$

olmakla mezkûr parçanın nisbî irtifa tebeddülü şu şekle girer:

$$\Delta(\Delta z) = \frac{a}{1+\varepsilon} . \Delta w . \Delta z$$

ve 76 No. lu muadele ile birleştiğinde,

$$\frac{k}{\gamma} . \Delta tg\,\alpha\, \Delta t = \frac{a}{1+\varepsilon} . \Delta w . \Delta z = v . \Delta w . \Delta z$$

Bundan başka:

$$\Delta w . \Delta z = \Delta F_t$$

Binaenaleyh: $$\Delta t = \left(\frac{v\gamma}{k}\right) . \frac{\Delta F_t}{\Delta\, tg\alpha} = \frac{1}{c} . \frac{\Delta F_t}{\Delta\, tg\alpha} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (78)$$ olur.

t zamanı âtideki münasebetle:

$$t = \frac{1}{c} \int \frac{dF_t}{\Delta\, tg\alpha} + C \quad \ldots\ldots\ldots \quad (79)$$

muayyendir.

c = sulpleşme emsali, C = muadelei tefazuliyenin sabitini ifade eder.

Ve 75 No. lu muadeleye göre: $F_t = \frac{1}{3} q_0 . Z_1$

ve: $$dF_t = \frac{1}{3} q_0 . dz_1 \quad . . . . (80)$$

$\Delta \, tg \, \alpha$, G noktasından A noktasına doğru meylin tebeddülünü ifade eder. ve $tg \, \alpha_G = 0$

olduğundan $$\Delta \, tg \, \alpha = tg \, \alpha_A = \frac{2 \, q_0}{Z_1} \quad . . . . (81)$$

75 No. lu muadelenin (76) ve (77) No. lu muadelelere göre:

$$t = \frac{1}{6c} \int Z_1 dz_1 + C = \frac{Z^2_1}{12 \, c} + C$$

Zaman $t = 0$ olduğunda $Z_1 = 0$ olur. Bunun için $C = 0$ olur. Ve muadelemiz şu şekli alır:

$$t = \frac{Z^2_1}{12 \, c} \quad . . . . (82)$$

h irtifaına nazaran sulpleşme hâdisesinin hangi t zamanda vuku bulacağı (82) No. lu muadeleden istihraç edilebilir.

$Z_1 = h$ olursa

$$T = \frac{h^2}{12 \, c} \quad \text{olur.} \quad . . . . (82 \, a)$$

Bu suretle sulplaşma hâdisesinin birinci merhalesini ikmal etmiş bulunuyoruz. Sulplaşma hâdisesinin ikinci merhalesinde $t > T$ olduğunda tazyik münhanisinin kat'ı mükâfi, başı C ve D noktaları arasında bulunur. Hidrostatik tazyikin azamî kıymeti w_{ht}, q_0 dan küçüktür. 54 No. lu şekilden âtideki münasebeti istihraç edebiliriz:

$$\Delta \, tg\alpha_A = tg\alpha_A = \frac{2 \, w_{ht}}{h} \quad . . . . (83)$$

Şimdi taranmış F_t sathını şöylece ifade edebiliriz.

$$F_t = q_0 h - \frac{2}{3} . w_{ht} . h \quad . . . . (84)$$

ve $$dF_t = - \frac{2}{3} . h . dw_{ht} \quad . . . . (85)$$

$$t = - \frac{1}{c} . \frac{1}{3} h^2 \int \frac{dw_{ht}}{w_{ht}} + C$$

Binaenaleyh muadele (75) şe göre:

ve $$t = - \frac{1}{3} . \frac{h^2}{c} . \ln . \; W_{ht} + C \quad . . . . (86)$$

bulunur.

5 - $\bar{\mu}$ Sulplaşma derecesi

Tasmanı tayin eden (63) No. lu muadelenin tatbikinde sulplaştırma derecesini hesap edebiliriz. Bu muadeleden âtideki kıymetler istihraç edilmiştir:

Birinci merhale: $0 < t < T$

$$\mu_1 = 2/3. \frac{\sqrt{3ct}}{h} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (87)$$

Bir kat'ı mükâfi muadelesidir.

İkinci merhale: $T < t < \infty$:

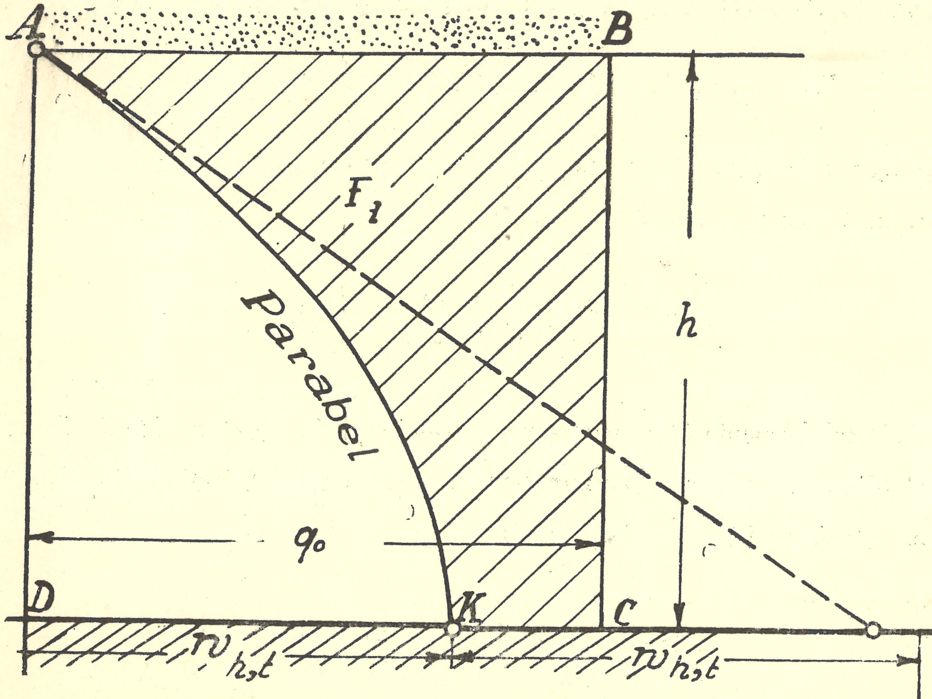
$$\mu_{11} = 1 - {}^2/_3 e^{-\left(\frac{3ct}{h^2} - \frac{1}{4}\right)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (88)$$

Binaenaleyh birinci ve ikinci merhalenin hududunda $\mu = 1/3$ olur. İşbu merhalede tasman hesap usulünü göstermiş oluyoruz. Ve evvelce (73) No. lu muadeleye göre tasman için t zamanın mürurundan sonra şu muadele yazılabilir:

$$s_t = \mu \cdot v \cdot F_0$$

Yani tasman sulpleştirme derecesi izafî mesamat su zayiatı ile ve hamule sathının hasılı zarbına müsavidir.

Misal: Bir bina sihanı 5 m olan bir kil tabakası üzerine inşa ediliyor, kil tabakası gayrı kabili nüfuz bir zemin üzerinde bulunuyor. Mütemadî bir kil levhasının altında bulunan ve mütemadî bir tahmilden hasıl olan tabakanın kuvvei tahmiliyesi 3 kg/cm². dır. Bu tahmil merhalesinde killi zemin için hacim sıkleti: $\gamma_e = 2$ ton/m³ dır.



Şekil : 54 — Tahaccürün ikinci merhalesi.

Sual: Suleştpirme vaziyeti zamanla ne şekil alacaktır? Yani zeminin tasmanı zamana tâbi olduğuna göre tasman miktarı ve şekli ne olacaktır?

Yapacağımız bu hesap esnasında binanın zemine birden bire yüklendiğini farzedeceğiz. Binanın zemin üzerine icra ettiği yükten dolayı inşaat esnasında yükün tedricî olarak zemine icra edeceği tesir ve tasman bu kitabın ilerideki bahislerinde söylenecektir. Şimdi ise zeminin birden bire yüklendiğine göre hesabımızı yürüteceğiz. Tahmil edilen bu kil zemin malzemesi hakkında lâboratuvar tecrübesinden çıkarılan tazyik mesamat emsal diyagramı ve mesamat nüfuziyet emsal diyagramı elde mevcuttur.

Evvel emirde tazyik mesamat emsal diyagramından 3 kg/cm^3 ne düşen mesamat emsali bulunur. Bu takdirde $\varepsilon = 0,53$ bundan sonra sulpleştirme miktarı hesap edilir. Birinci fasılda (6) No. lu muadeleye göre: $a = \frac{d\varepsilon}{dp} = \frac{0.02}{1.00} = 0.02\ cm^2/kg.$

Bundan sonra K nüfuziyet emsali elde mevcut mesamat nüfuziyet emsal diyagramından istihraç edilir. Bu takdirde $k = 0,158$ cm/ sene olur. En nihayet buna ait izafî mesamat su zayiatı bize lâzım olur. Bu ise (72) No. lu muadeleye göre:

$$v = \frac{a}{1+\varepsilon} = \frac{0.02}{1,53} = 0.0131\ cm^2/kg.$$

Sulpleştirme emsali (78) No. lu muadeleye $\gamma_e = 0.002\ kg/cm^3$ olduğuna nazaran:

$$c = \frac{k}{v.\gamma_e} = \frac{0,158}{0,0131 \times 0,002} = 6030\ cm^2/\text{sene} \qquad \text{bulunur.}$$

a) Binanın hey'eti umumiyesinin namütenahi bir zaman sonra tasmanı ne kadardır?

Muadele (83 a) ya göre: $q_0 = 3\ kg/sm^2.$; $h = 500$ cm.

$$s_\infty = v.\ F_0 = v.\ q_0.\ h = 0.0131 \times 3,00 \times 500 = 19,65\ cm.$$

b) Birinci merhalenin sulpleşme hâdisesi kaç sene sonra htiam bulacaktır?

(82a) No. lu muadeleye göre:

$$T = \frac{h^2}{12\,c} = \frac{(500)^2}{12 \times 6030} = 3,45\ \text{sene}$$

olur ki ilk merhale sulpleşmenin 3½ sene sonra hitam bulacağını göstermektedir. Bu müddet zarfında evvelce bildirildiği veçhile sulpleşme derecesi $\mu = \frac{1}{3}$ kıymetindedir. Yani tasman; umumî tasmanın üçte biri nisbetindedir. Çünkü:

$$s_{3,5} = \frac{1}{3} \times 19,65 = 6,55\ cm. \qquad \text{olur.}$$

c) Arazinin 1 veya 5 sene sonra beklenilen tasmanların miktarı ne kadardır?

α) Bir sene sonra sulpleşmenin ilk merhalesi (87) No. lu muadeleye göre:

$$\mu_1 = \frac{2}{3} \cdot \frac{\sqrt{3ct}}{h} = \frac{2}{3} \times \frac{\sqrt{3 \times 6030}}{500} = 0.179$$

Binaenaleyh bir sene sonra tasman miktarı (73) No. lu muadele mucibince:

$$s_1 = 0.179. \text{ v. } F_0 = 0.179 \times s_\infty = 0.179 \times 19{,}65 = 3{,}52 \text{cm}$$

β) 5 sene sonra tasman sulplaşmanın ikinci merhalesi ne kadardır?

Burada (80) No. lu muadele muteberdir. Yani:

$$\frac{c\ t}{h^2} = 0.0241\ t$$

$$\mu_{II} = 1 - \frac{2}{3}\ e^{-(15 \times 0.0241 - 0.250)} \cong 0.400$$

Bineanaleyh 5 sene sonra binanın yapacağı tasman miktarı:

$$s_5 = 0.400 \times s_\infty = 0.400 \times 19{,}65 = 7.86 \text{ cm}.$$

olur.

d) Gördüğümüz veçhile yekûn tasman miktarı namütenahi uzun bir müddet sonra vuku bulduğu halde bu tasmanın büyük bir miktarı gayet kısa bir zamanda cereyan eder, şimdi ise ne zaman ve kaç sene sonra tasman miktarının yüzde 95 i vuku bulduğunu tahkik edelim. Bu vaziyette sulplaşma hâdisesinin ikinci merhalesi mevzuunun hududu ise yukarıda yazdığımız veçhile:

$$\mu = \frac{1}{3} = \%33{,}33$$

(88) sayılı muadeleye göre μ_{II} malûm olup meçhul olan t müddetidir. Buna nazaran:

$$\mu_{II} = 0.95 = 1 - \frac{2}{3} e^{-\left(\frac{3ct}{h^2} - \frac{1}{4}\right)} = 1 - \frac{2}{3}\ e^{-(3 \times 0.024t - 0{,}250)}$$ ve

$$\left[\left(\frac{c}{h^2}\right) \cdot t = 0.0241.\ t\right]$$ olduğundan

Bundan: $$0.05 = \frac{2}{3}\ e^{-(0.0723\ t - 0.250)}$$ bulunur.

Veyahut her ki tarafın da logaritması alındıkta:

$$- 0.0723 \cdot t = \log \text{nat } 0.075 - 0.250$$

buradan $t = 39{,}5$ sene bulunur.

Yani takribî olarak 40 sene sonra yekûn tasmanın % 95 i vuku bulmuş olur. Halbuki bütün tasman yekûnu namütenahi bir zaman sonra vuku bulacağı nazarı itibara alındıkta amelî olarak tasmanın sonu hiç bir zaman elde edilemiyeceği hakikati meydana çıkar.

$\frac{c}{h^2} \cdot t$ kıymetini kısaca τ ile ifade edersek 87, 88 No. lu muadelelei şu şekli alır:

$$\mu_1 = \frac{2}{3}\sqrt{3\tau} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (87a)$$

Bu şart $\mu = \frac{1}{3}$ kıymetine kadar muteberdir. Ve

$$\mu_{11} = 1 - \frac{2}{3} \cdot e^{-\left(3\tau - \frac{1}{4}\right)} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (88a)$$

Bu da μ lerin âtideki kıymetlerine göre muteberdir. Yani:

$\mu_{11} = 1/3$ den $\mu_{11} = 1$ ya kadar.

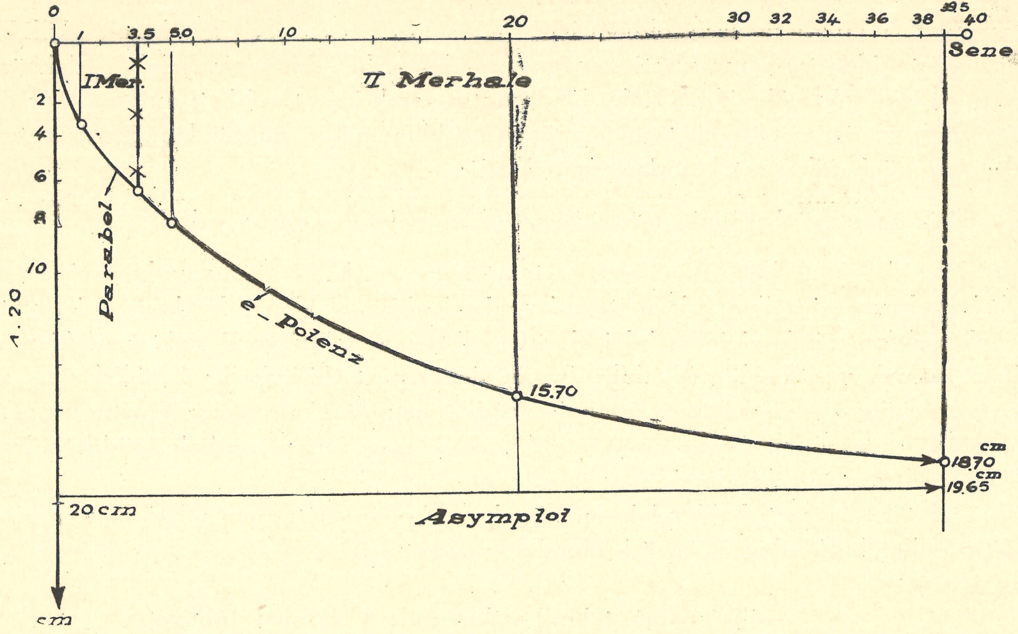
(87a) No. lu muadele bize zaman tasman münhanisinin birinci merhalede bir kat'ı nakıs olduğunu öğretiyor.

Buna göre elde mevcut τ kıymetlerine ait μ kıymetlerini hesap ederek bir cetvel tanzim olunabilir.

Cetvel: No. 8

μ	τ	μ	τ	μ	τ
0.05	0.0019	0.35	0.0918	0.70	0.3495
0.10	0.0075	0.40	0.1185	0.75	0.4103
0.15	0.0169	0.45	0.1475	0.80	0.4847
0.20	0.0300	0.50	0.1792	0.85	0.5806
0.25	0.0469	0.55	0.2144	0.90	0.7157
0.20	0.0667	0.60	0.2536	0.95	0.9468
0.333	0.0833	0.65	0.2987	1.00	∞

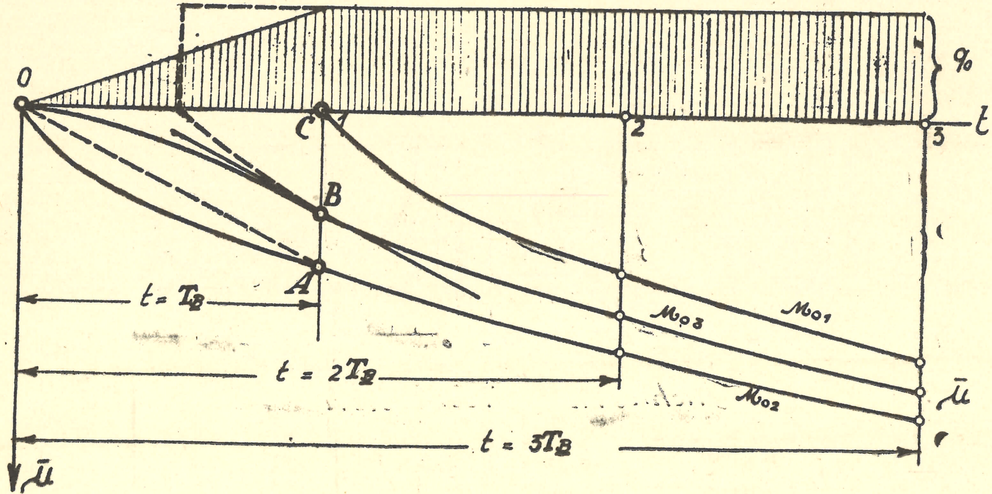
Bulmuş olduğumuz t zaman kıymetleriyle s tasman kıymeti vasıtasiyle bilmikyas yukarıda gösterdiğimiz misal için zamana tâbi tasman münhanisi çizilebilir. Şekil 55.



Şekil : 55 — Tasman münhanisi

İkinci hususî hal:

Şekil 56 da görüldüğü veçhile şimdiye kadar sabit bir süratle tahmili tezayüt eden bir kil tabakası ve yalnız olarak birden bire tahmilin icrası ve bundan dolayı kil tabakalarında hasıl olan hidrostatik tazyiklerin sureti ceryeanı ve tesirlerinden bahsettik. Halbuki hakikatte hamulenin tezayüdü



Şekil : 56 — Tahmilin tedricî çoğalmasile hasil olan zeman tasman münhanisi

bir binanın inşasında görmüş olduğumuz haldeninşaat sıkleti inşaatın terakkisi ile tezayüt eder ve birdenbire olmayıp her vakit tedricîdir. Meselâ inşaat müddetinin hitamında T_B azamî kıymetine varmıştır. Bu tarzı hesab için Terzaghi ve Fröhlichin kitaplarına müracaat edilebilir.

Şekil 56 da hamulenin birdenbire veya tedricî olarak tesir ettiğine göre husule getirdiği tasmanlar sarih olarak görülmektedir. Şekil 56 da üç muhtelif μ münhansii tersim edilmiştir.

$t = 0$ veyahut $t = T_B$ müddet zarfında birdenbire q_0 sıkleti ile tahmil edilen zemine ait μ_{01} ve μ_{02} münhanileri görülmekte olduğu gibi $t = 0$ den $t = T_B$ müddetine kadar tedricî olarak

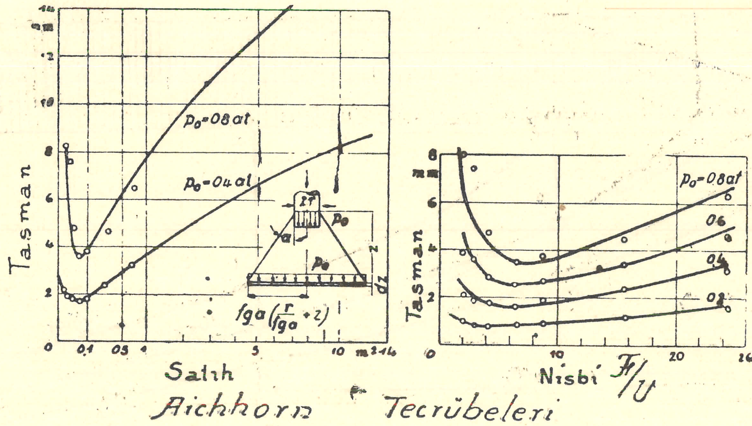
tahmilden dolayı hasıl olan μ_{03} münahinisi de görülmektedir. 29 No. lu muadeleye göre μ kıymetleri s_t tasman kıymetile mütenasip olduğu için μ ; μ_{01} , μ_{02} , μ_{03} münhanileri killi bir tabakada zamana müsteniden tasmanın sureti cereyanı hakkında bir fikir verir. Şekil 56 daki μ münhanisi amelî hesaplar için çok mühmidir. Çünkü bir inşaatın gerek inşaat safahatı esnasında ve gerekse inşaatın hitamında zamana müstenit tasman münhanisi bilinmelidir. Bu münhani zamanın temadisinde μ_{01} ve μ_0 münhanileri ortalarından geçmektedir.

Zaman - tasman münhanisini, en iyisi inşaat müddetinin yarısı oaln $t = \frac{T_B}{2}$ zamanından sonra (Şekil 56 da çizgili hatla görünen) ve tamtesirini ancak T_B zamanında yani B noktasından itibaren kabul olunan q_0 miktarında mütesavi ve birdenbire vazolunan bir hamule icrayı tesir ettirilerek B noktasından münhaninin mebdei olan 0 noktasına doğru ve B noktasındaki müması haiz bir münhani çizmek suretile elde edilebilir. Bu münhaninin tesbitinde Dr. Fröhlich T_B olan inşaat müddetinin zeminin sulplaşma birinci merhale müddetine müsavi olduğunu farzetmiştir. T_1 muadele (82a) ya göre hesap olunur. Şayet inşaat müddeti sulplaşma zemini merhale müddetinden fazla veya eksik olursa hesap takribî olarak aynı surette cereyan eder.

Köprü ve temel inşaatı hakkındaki amelî misallerle zaman tasman münhanisinin çizilmesi için müteaddit misaller bu kitabın 3 üncü kısmında mevcuttur.

C — Tasmanın, tahmil sathının ebadı ile olan tâbiiyeti

Bu kitabın birinci faslında söylenildiği veçhile bir binadan dolayı temeli teşkil eden zemindeki tazyik tamamile mütesaviyen intişar etmediği halde mütesaviyen intişar ettiği farzedilse bile sabit bir taban tazyiki esnasında muhtelif satıh ebadına göre birbirinden çok farklı tasman kıymetleri hasıl olur. Şekil 57 de Aichhorn tarafından satıh ebadının tasmana olan tesirlerini gösteren münhaniler görünmektedir. Bundan görülüyor ki sathın takribî $0.06m^2 = 600m^2$ olduğunda kum malzemesinde asgarî tasman vuku bulduğu ve bu tasmanın tazyik sathının $\frac{F}{U}$ olan satıh nısıf kutur ile takriben hattî olarak tezayüt ettiği anlaşılır. Aichhorn tecrübelerini kum ile yapmış, halbuki sulp zemin-



Şekil: 57

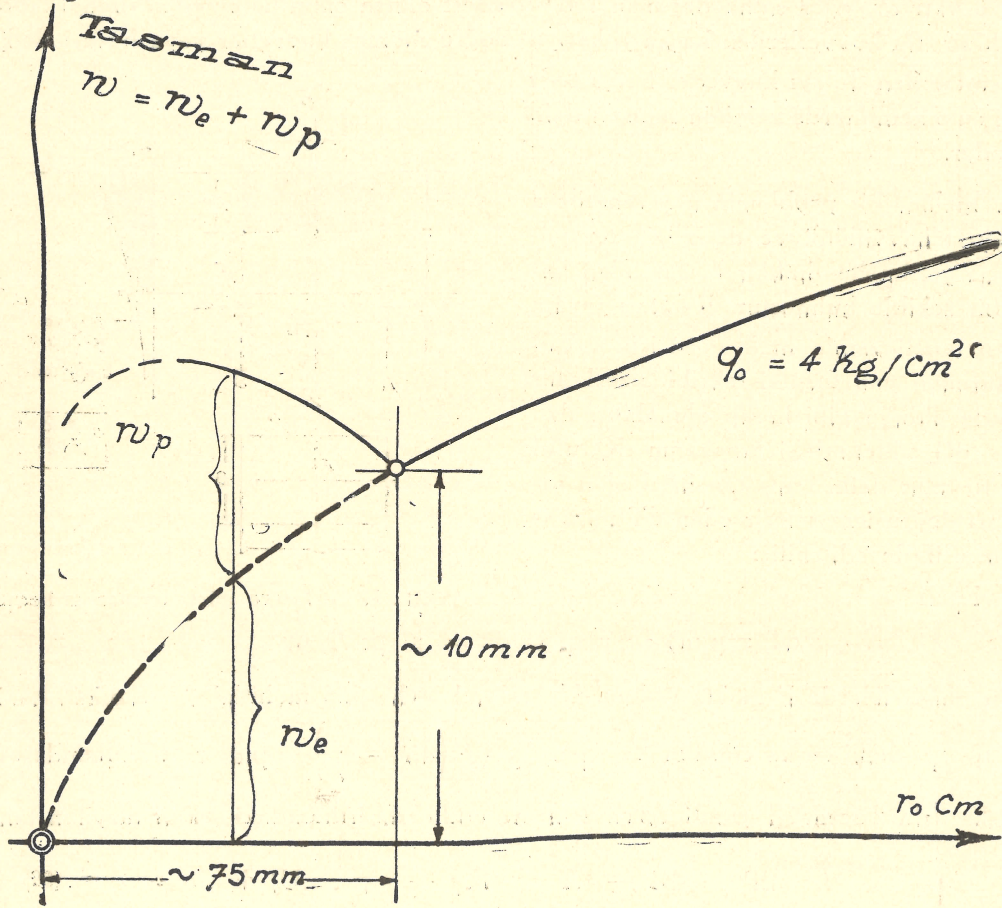
lerde zamanın tasmana olan tesiri pek büyük olduğunu evvelce gördük. Aynı zamanda satıh ebadının büyümesiyle zemin emsalinin küçüldüğünü Felemenklerin tecrübelerini kitabımızın başka bir bahsinde gösterdik. Bu da Aichhorn tarafından yapılan tecrübelerle dahi sabit olmuştur.

Çünkü: $P = k.w$ veyahut: $w = \frac{P}{k}$

Formülünün ifadesi;

Sabit bir satıh tazyiki olan p ve tenakus eden yatak emsali olan k tasman miktarı oaln w tezayüt eden satıh miktarı ile tezayüt eder. Bu hakikati Aichhorn tecrübeleri dahi teyit etmiştir. Fakat yaptığı tecrübelerde kullandığı satıh 600 santimetre murabbaından yukarıda başlamıştır. Hamule sathının ebadının tasman üzerindeki tesirinin tecrübe yolu ile tesbiti 1926 senesinden 1931 senesine

kadar Freibergdeki Kögler tarafından başlamış veson senede umuma teşhir edilmiştir. Aynı zamanda ayrıca bu mesele hakkında Press tarafından yapılan tecrübeler de Kögler ve Aichhorn tarafından elde edilen netayici teyit etmiştir. Şekil 58 de hamule tasman diyagramı gösterilmiştir. Diyagramda zemin tazyiki sabit ve hamule sathı dairevî olup muhtelif nısıf kuturları haiz olduğu takdirde ve vahit hamule 4 kg/cm² olduğuna göre hesap yapılmıştır. Bu netayiç şekil 57 de Aichorn tarafından bulunmuş olan münhanilere tetabuk ediyor. Aichhorn tarafından yapılan diyagramdan umum



Şekil: 58 — Fröhliche göre tahvil sathının tasmana tesiri

tasman miktarı: $w = w_e + w_p$ yani elâstik ve plâstik kıymetlerin yekûnundan hasıl olan tazyik sathının 75 m/m nısıf kuturlu olduğunda tasman kıymeti takriben 10 m/m hesap edilebilmiştir. Halbuki r_o daha küçük nısıf kuturlar için tasman miktar ve kıymeti daha çoğaldığı görünmektedir. Maamafih Fröhliche göre satıh vüsati 45 santimetre murabbaı olduğunda tasmanın asgarî olduğu görülüyorsa da Aichhorn'a göre 600 santimetre murabbaı olan bir satıhta asgarî olduğu hesap edilmiştir..

Bu tetkikin neticesinde Aichhorn tarafından istihsal edilen netayiç daha emniyetbahş olduğunu kabul etmek lâzımdır. Çünkü tecrübe esnasında yükletme fasılalı ve her fasılada 0,2 kg/cm² bir yükletme icra edildiği halde Fröhlich tarafından icra edilen tecrübeden tek bir yükletme yapılmıştır. Ve bu yükletme miktarı 4 kg/cm² olarak nazarı itibara alınmıştır.

Aşağıda Viyanadaki Fischer tarafından binaların tasmanı hakkında takribî faraziyatla hesap edilen ve bâhusus tecrübe tahmilleri hakkında istinat ettiği netayicin ve bu netayicin de tazyik sathının eb'ad ve şeklinin nazarı itibara alındığı ve amelî hayatta bulunan bütün meslek arkadaşlarının icra ettikleri tatbikatta ve elde ettikleri netayice tetabuk eden usullerden bahsedilecektir. Mumaileyhin yaptığı faraziyat ve tatbikat bizce malûm ve ideal olan mesnet cismine irca ediliyor. Bu

mesnet cismi muvazeneten mümkün ve muvazenet vaziyeti her vakit tahtı temine alınabilir. Bu faraziye sayesinde tasmanın miktarını basit bir surette takribî olarak bulmak ve tazyik sathının muhtelif şekil ve ebadı hakkında bir fikir edinmek imkânını bahsetmiştir. Ufkî olan bir zemin sathı üzerine bir sulp satıh vazedilmiş olsun ve bu satıh P_1 yükü ile tahmil edilmiş bulunsun. Şekil 59, şimdi ise A ve B kenar vaz'iyesi dahilinde bulunan zeminden temdit edilen kısmı tetkik edelim. Şakulî bir menşur teşkil eden bu kısmın sutuh ve cephesi hamule sathından bellidir. Bu menşur aşağıya doğru namütenahiye varıyor, eğer satha dayanan kitle serbest olursa onun hamuleden dolayı tebdili şekli namütenahidir. Bu kuvvetlerden başka yukarıya doğru mümas kuvvetler veya hususî delk ve temas mukavemetinden dolayı kuvvetler icrayı tesir ettikleri gibi sulp zeminlerde zeminin rabıtası dahi icrayı tesir eder.

Fischer malûm bir problemin muavenetile amudî tazyikin tahavvülünü ve derinliğin tezayüdünde mümas gerilmeler hakkında cari olan kanunu basit bir şekilde bulmuştur. Rabıtası şayanı zikr olmayan taneli zemin malzemesi için şakulî zemin menşurunun yan tazyiki takribî olarak bir silo hücresinde olduğu gibi hesap olunabilir. dz sihanında ve dG sıkletindeki tabakanın dQ ufkî tazyikten mütevellit delki temastan hasıl olan şakulî ve yukarı doğru icrayı tesir eden dT mümas kuvveti şöylece ifade edilebilir:

Şekil : 59 — Fişere göre tasmanın hesabı

$$dG = F\gamma\, dz$$

olarak

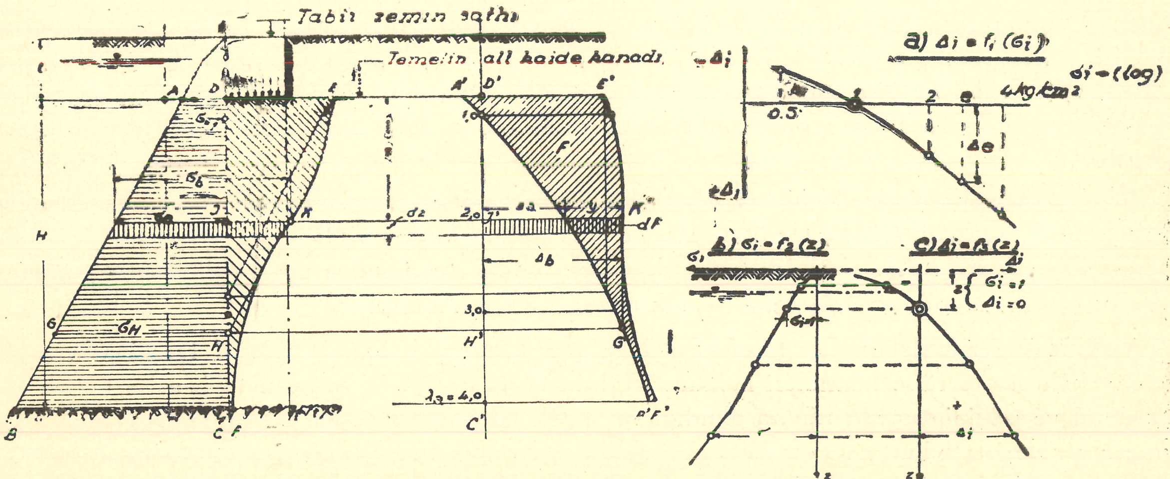
$$dT = \mu\, dQ = \mu\, q_{o}\, U\, dz = \mu .\, p\varepsilon\, U\, dz$$

Ve işbu muadelelerde F makta sathını, U tahmil levhasının muhitini, γ zeminin hacim sıkletini, $\mu = tg\ \varphi$ delki temas emsalini ve $q = p\ tg^2\left(45^0 - \frac{\varphi}{2}\right) = p.\varepsilon$ z derinliğinde ufkî tazyiki ifade eder. İşbu z derinliği şakulî tazyikle ifade edilir. dz irtifaındaki şakulî tazyikin tahavvülü şudur:

$$dP = dG - dT = (F.\gamma - \mu.p\ .\ \varepsilon.U)\ dz \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (89)$$

Ve izafî tazyikler için şu ifade muteberdir:

$$dp = \frac{dP}{F} = \left(\gamma - \mu.p.\varepsilon\ .\ \frac{U}{F}\right) .\ dz \quad . \quad . \quad . \quad (89a)$$



Şekil : 59 a — Tahlili tasman grafiği

$\frac{F}{U}$ yerine sathın nısıf kutru olan R konulduıkta ve (89 a) No. lu muadelenin $k = \frac{\mu\,\varepsilon}{R}$ ile tamamisi alındıkta:

$$\ln(\gamma - k.p) = -k.z + C \quad \ldots \quad (90)$$

kıymeti elde edilir:

z = 0 olduğunda (üst satıh tazyiki) $p = p_o$ olur,

Bunun için: $$\ln(\gamma - k.\,p_0) = C \quad \ldots \quad (91)$$

(88) ile (89) No. lu muadeleleri birbirinden çıkarıldıkta;

$$\ln \frac{\gamma - k.p}{\gamma - k.p_0} = -kz$$

$$p = p_0 .\, e^{-kz} + \frac{\gamma}{k}\left(1 - e^{-kz}\right) \quad \ldots \quad (92)$$

Zemine P miktarında ilâve edilen hamuleden dolayı yalnız hasıl olan tasman miktarı tesbit edilmek istenilirse o vakit zeminin zatî sıkletini nazarı itibara almamak lâzım gelir. Yani: $\gamma = 0$ konmak lâzımdır ve z derinliğindeki şakulî tazyikin kıymeti şöyle olur:

$$p = p_0\, e^{-kz} \quad \ldots \quad (92a)$$

İşbu formülde: $K = \frac{\mu\ \varepsilon}{R}$

(Malûm olduğu veçhile Terzaghi ilk olarak İstanbulda Robert Kollejde E_b kıymetinin sabit olmadığını tesbit etmiş olmasına rağmen) zeminin E_b kıymetindeki sabit ve takribî oaln elâstikiyet modülünün kabulü şartile dz sihanındaki tabakanın elâstiki sıkışması şu formül ile ifade edilir:

$$ds = \frac{p}{E_b} .\, dz = \frac{p_0}{E_b} .\, e^{-kz}\, dz \quad \ldots \quad (93)$$

Bu muadelenin tamamını aldıkta:

$$s = \frac{p_0}{E_b} \int_0^{\infty} e^{-kz} .\, dz = + \frac{p_0}{E_b}\left(\frac{1}{k}\right) = + \frac{p_0 R}{E_b . \mu\ \varepsilon}$$

93 sayılı muadele rabıtasız zeminlerde muteber olduğu gibi rabıtası az olan zeminler için de kabili tatbiktir.

Fischer'e göre E_b için âtideki vasatî kıymetleri kullanılmaktadır:

1— Kum ve çakıl için: $E_b = 100 - 300$ Kg/cm²
2— Kil ve marn için : $E_b = 300 - 500$ Kg./cm²

$R = \frac{F}{U}$ vasatî satıh nısıf kutru tasmana icrayı tesir etmektedir. R ise, temel sathının şekline tâbidir. (93) No. lu muadelenin tatbiki muhtelif temel satıhlarının şekline göre âtideki husus̈î halleri iktisap eder.

1 — Murabba şeklindeki makta için: $R = \frac{a}{4}$

$$s = \frac{p_0\, a}{4E_b \,.\, \mu.\varepsilon} \qquad \dots\dots\dots\dots \qquad (93a)$$

2 — Daire şeklindeki makta için (r nısıf kutur) : $R = \frac{r}{2}$

$$s = \frac{p_0\, r}{2E_b\, \mu\, \varepsilon} \qquad \dots\dots\dots\dots \qquad (93b)$$

3 — Uzun mustatil şeklindeki hamule satıhları için (müstatil sathı a. b)

$$R = \frac{a.b}{2.(a+b)} = \frac{b}{2\left(1+\frac{b}{2}\right)} \qquad \text{ve}$$

$$a = \infty \quad ; \quad R = \frac{b}{2} \qquad \text{olur bundan}$$

$$s = \frac{p_0 \,.\, b}{2.E_p \,.\, \mu.\varepsilon} \qquad \dots\dots\dots\dots \qquad (93c)$$

Yukarıdaki 93a dan 93 c ye kadar yazılan çökme muadelelerinde tasmanın murabba dılı ile veya nısıf kutru ile veyahut uzun mustatil genişliği ile mütenasiben tezayüt ettiği keyfiyeti evvelce bahsettiğimiz Kögler, Press, Aichorn ve Fröhlich' in bulmuş oldukları neticelerle tetabuk etmektedir.

Her ne kadar yukarıki tasman formülleri zeminler için Hook kanununun talep ettiği şeraiti ifade etmiyorlarsa da yine hakikatte vuku bulan çökmeler hakkında bir takribiyet ifade ettiklerinden verdikleri netice yataklanma veya zemin emsali yani tasmanla hamule arasındaki emsalin sabit olamadığını ve bilâkis temel sathının büyümesile tenakus ettiğini göstermektedir. Buna rağmen yukarıki tasman formülleri mukayeseli hesaplar veya hususî hamule tecrübelerinde ehemmiyet kesbetmektedirler.

Tahmil tecrübelerinde rasat edilen tasmanlar her ne kadar tahmil tasman diyagramında tersim ve bununla yukarıki tariflere göre tazyikle temas arasındaki münasebet elde edilmekte ise de doğrudan doğruya daha büyük veya şekil itibariyle değişikli temel satıhlarına teşmili mümkün değildir. Tecrübe tahmil sathı ile temel sathı malûm olduğutakdirde Fischer'in tasman formülünün tatbikinde temelin tecrübe sathında vuku bulan tasmanın nisbet rakamı olan n kolaylıkla bulunabilir. Tecrübe sathı tasman diyagramının fasla ve tertiplerinin n misli büyültülmesile temelin beklenilen tasman diyagramı elde edilir. Maatteessüf şimdiye kadar yapılan tecrübe tahminlerinde bu hususun tatbiki unutulmuştur.

d — Zurih'de mühendis Haefeli tarafından, tasmana ait grafik tahlili usulü:

Haefeli tarafından gösterilen bu usul: âtideki mütalealara müstenittir:

Odometre tecrübesi esnasında, nümunenin yanlara doğru yayılmasına mani olunduğu takdirde, vahit irtifadaki üstüvanesinin ilk toplanma mıktarı $\Delta_i = \frac{h_i - h_1}{h_1}$ oulp bu da σ_i tazyikinin bir tâbii olarak bulunmuş olur.

Bu düşünceye müsteniden aşağıdaki amprik formülü yazabiliriz:

$$\Delta_i = z \ln (\alpha \lambda_i + 1 - \alpha) \qquad (64)$$

Diğer taraftan $\lambda_i = \frac{\sigma_i}{\sigma_1}$ ve $\sigma_i = 1$ Kğ/cm². olur.

Pek çok hallerde, kâfi bir takrib'yet ile $\alpha = 1$ olarak vazedilebilir. Bu takd'rde $(1 - \alpha)$ .fadesi kabili terk olmakla muadele âtideki bas't şekli alır:

$\Delta_i = z \ln . \lambda_i$ burada

$\lambda_i = e = 2.718$ olarak vaz olundukta:

$\Delta_i = z = \Delta_e$ olur ki buna sıkışma rakamı denir.

Bu muadelenin tefazul's: alınırsa M_E sıkışma modülü elde edilir. Bu sıkışma modülü evvelce görmüş olduğumuz elâstikiyet modülü olan E g'bi, tazyikle hattî olarak tebayüt eder. Yani:

$M_E = \frac{\sigma_i}{\Delta_e}$ dır.

Bu metottaki esas şudur: Muayyen amprik tazyik münhan's: olan $(\Delta_i = f_z (\sigma_i)$ (şekil 59 a) ve zatî sıkletin tayinini mümkün kılan gerilme tevzii münhanisi olan $z_i = f_2 (z)$ ianesile basit bir usul ve grafik yolu ile $z_i = f_3 (z)$ münhanisinin çizilmel'd'r.

Zemine yeni bir hamule tatbik edilirse, muayyen bir derinlikteki σ_z gerilmesi σ_z derinliğe tâbi olarak muayyen b'r kıymet alır.

İlk vaziyetteki ger'lme σ_a ve yeni vaz'yette husule gelen gerilme σ_b ile gösterilirse gerilmenin yeni kıymeti taayyün eder. Yani:

$\sigma_b = \sigma_a + \sigma_z$ dir.

Hulâsa: σ_b vaziyetinde, zeminin unsurî kısmı Δ_b gibi izafî bir sıkışmaya malik olur. Bu sıkışma miktarı, zemin unsurunun bidayette maruz olduğu σ_b kıymetindeki gerilmeye müsavidir. Bu sebepten dolayı, diyagramda ilk σ_b ye tekabül eden H noktasını aramak icap eder. Yani: $GH = \sigma_b$ dir. Diğer taraftan izafî sıkışma, m'ktarı da sıkışma münhanis'nden G'H' olarak bulunur. Bu kıymet, z irtifıanda öyle ters'm edilmelidir ki:

$G'.H' = J'K' = \Delta b$ olsun

Diğer araftan, tasmanın mecmu kıymeti:

$$y_T = \int_{\infty}^{t} dF = F \qquad (65)$$

veyahut H

olmuş olur.

III. ÜNCÜ KISIM

Ameliyat sahalarında tatbikat

a — Bursadaki Gölbaşı seddesi tasmanlarının Geophysik usul ile kontrolü:

Türkiye cümhuriyetinin takip ettiği muazzam su siyasetinin bir cüz'ünü de Gölbaşı seddesi teşkil etmektedir. Bu seddenin inşasından maksat seylâbî derelerin feyezan sularını bir araya toplayarak vücude getirdikleri büyük bataklıkları kurutarak bunların teşekküllerine mani olmak ve aynı zamanda iddihar edilen bu sular ile ovayı sulamaktan ibarettir. Bu seddenin hini inşasında ve inşaatın ikmalinden sonra vücude gelen tasmanlar dairei aidesi tarafından bilfiil mahallinde ölçüldüğü gibi bu ölçüler Dr. Gruner tarafından Geoteknik metotlarla lâboratuvarlarda kontrol ettirilmiştir. Seddenin maktaı şekil 60 da 12 sondaj deliğinin jeolojik vaziyetleri şekil 61 de gösterilmiştir. 9/8/932 den 30/8/935 senesine kadar hava tarafındaki anroşmanın başlığında ölçülen tasınan miktarları VII. No. lu cetvelde kaydedilmiştir.

Tasmanların hesabına esas oalrak Dr. Ing. O. Fröhlich'in formüllerinden tasman hesabına mahsus metotlarla mumaileyhin Zürihteki su inşaat lâboratuvarının zemin taharriyatı enstitüsündeki tecrübelerinden istifade edilmiştir.

Şekil 62 de ilk önce şakulî zemin tazyik miktarları gösterilmiştir.

a) Mihverin solunda hali tabiîde olan zemin tazyikleri yani zeminin üzerine seddenin imlâsı vücude getirilmeden yani inşaata başlamadan evvel zeminin zatî sıkletinden hasıl olan gerilmeler gösterilmiştir.

z derinliğine doğru bu gerilmenin hatvarî tezayüt kanununa ittibaen hareket edeceği bedihîdir. Yani:

$$\sigma_{zg} = \gamma . z \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (94)$$

b) Sedde imlâsı için kat'ı nakıs şeklinde bir hamule tevzii kabul edilmiştir. (Bu hususta Fröhlich'in yazdığı kitabın 18 inci faslının 41 inci sahifesine müracaat). Bu gibi kat'ı nakıs şeklindeki şertvari hamulenin tabanında icra ettiği tazyik miktarı şu muadele ile ifade edilir:

$$p = 3/2 \, . \, p_0 \left(1 - \frac{x^2}{b^2} \right) \quad \ldots \ldots \ldots \quad (95)$$

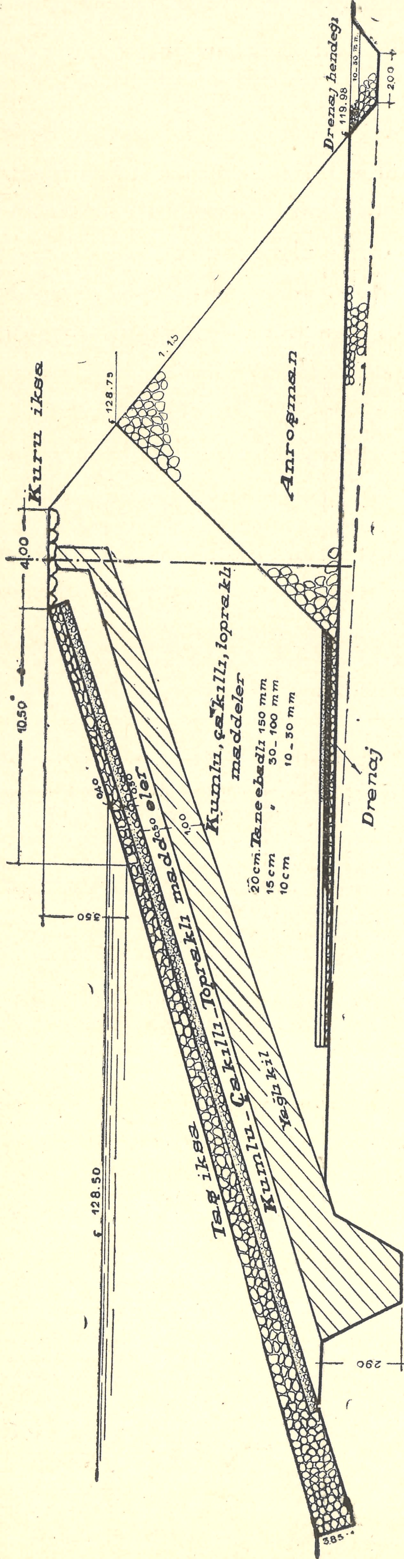
İşbu muadelede $p_0 = 2/3 \; p_{max}$ vasatî taban tazyiki

b = şerit genişliğinin 1/2 si ve

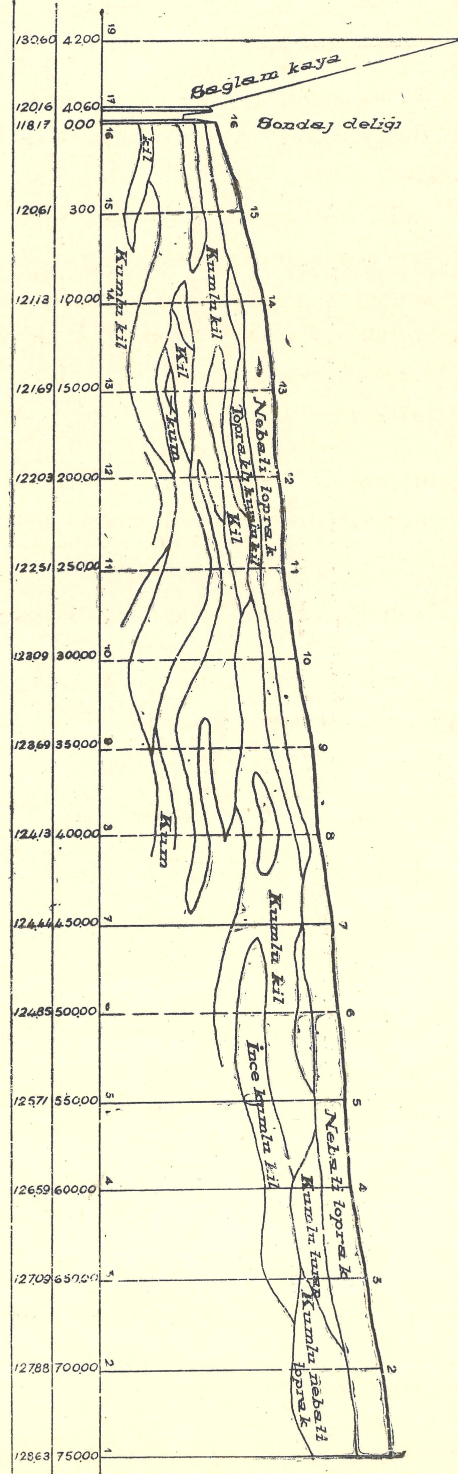
x = şerit mihverinden itibaren bir zemin noktasının mesafesi.

β ile kenar zaviyesinin yarısı ifade edilirse (bu zaviye bir taraftan şeritvarî parça mihverinin bir noktası ile z derinliğindeki bir kenar noktasına mevsul hat ve diğer taraftan mihver hattı ile teşkil edilmektedir. O vakit Fröhlich'e göre z derinliğindeki σ_{zp} şakulî zemin gerilmesinin miktarı şu muadele ile ifade olunur.

$$\sigma_{zp} = \frac{3}{\pi} \cdot p_0 \left[\cotg \beta + \beta \left(1 - \cotg^2 \beta\right)\right] \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (96)$$



Şekil : 60 — Bursa gölbaşı seddesinin maktaı



Şekil : 61 — Bursa gölbaşı seddesinin jeolojik profilleri

Bu muadeleden de: $$\cot g\ \beta = \frac{z}{b} \quad \text{. . . . . (96a)}$$ dir.

c) Yer altı su seviyesi Δz irtifaında aşağıya indiği cihetle (seddenin ve zeminin sıkışması do layısiyle) süpression tenakus eder veya zemin gerilmesi ât'deki miktarla tezayüt eder:

$$\Delta A = \Delta z\ (\gamma_1 - \gamma_2) \quad \text{. . . . . (97)}$$

İşbu muadelede γ_1 yer altı su seviyesinin üstündeki ve γ_2 yer altı su seviyesinin altındaki zemin malzemesinin hacim sıkletini ifade eder. Dr. Gruner'in elinde zemin malzemesinin nümuneleri

Şekil : 62 — Bursa gölbaşı seddesinin profili 14 de tasmarların bittersim tayin usulü

mevcut olmadığı cihetle takribî olarak:

$\gamma_1 = 2{,}0$ ton/m^3 ve $\gamma_2 = 1{,}4$ ton/m^3. kabul olunmuştur.

Cetvel No. VII.

Toprak seddenin hava tarafında anroşman başlığı kısmında ölçülen tasmanlar

	Profil No. 14	Profil No. 7	Profil No. 4
9/8/932	128.64	——	——
26/9/932	128.50	——	——
15/10/932	128.48	——	——
29/11/932	128.48	128.72	128.70
27/2/933	128.43	128.60	128.68
18/3/933	128.19	128.49	128.60
2/4/933	128.08	128.48	128.62
9/5/933	127.97	——	——
4/6/933	127.94	128.42	128.57
3/7/933	127.89	128.42	128.57
3/8/933	127.87	128.42	128.57
6/9/933	127.87	128.39	128.54
6/10/933	127.85	——	128.52
6/11/933	127.82	128.36	128.51
3/12/933	127.76	128.29	128.46
9/1/934	127.76	128.29	128.46
4/2/934	127.75	128.29	128.46
14/3/934	127.74	128.29	128.46
4/4/934	127.72	128.29	128.45
3/6/934	127.67	128.27	128.45
4/7/934	127.65	128.27	128.45
7/8/934	127.64	——	——
8/9/934	127.62	128.26	128.44
3/11/934	127.59	128.25	128.44
14/12/934	127.56	128.24	128.43
21/3/935	127.54	——	128.43
26/4/935	127.53	128.21	128.43
30/5/935	127.51	128.21	128.42
30/6/935	127.51	128.21	128.42
30/7/935	127.51	128.21	128.42
30/8/935	127.47	128.19	128.41

Zemin tazyikinin yekûnu yani seddenin sıkleti dahil olmaksızın yalnız zeminin zatî sıkleti sedde hamulesile zemin tazyiki σ_{zp} ve nihayet supressiyonun ΔA miktarında tenakusu dolayısiyle şakulî zemin gerilmesinin mecmuu elde edilir. dz irtifaında bir zemin tabakasının ds miktarındaki tazyiki evvelce söylediğimiz veçhile şu muadele ile hesap olunur:

$$ds = \left(\frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_p}{1 + \varepsilon_0}\right) dz = \Delta . dz \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (98)$$

Bu miktar nazarî olarak namütenahi bir zaman sonra, ve amelî Δ olarak çok uzun zamanlar sonra, kil ve marn cinsindeki zeminlerde ise pek çok seneler sonra tabakanın bütün tasmanını ifade eder. İşbu muadeleyi şöylece ifade edebiliriz:

Bir tabakanın uzun bir zaman zarfındakı tasmanı $\Delta = \frac{\varepsilon_o - \varepsilon_p}{1 + \varepsilon_o}$ tabakanın izafî sıkışması ile dz tabaka irtifaının hasılı zarbına müsavidir. Binaenaleyh her bir derinlik için şakulî olan zemin gerilmesi bu yolda hesap edilir. Bunu müteakip bundan tazyik mesamat emsal diyagramının yardımı ile münferit tabakaların izafî sıkışma $\frac{\varepsilon_o - \varepsilon_p}{1 + \varepsilon_o}$ miktarları istihraç edilir ve badehu zemin sathın dan itibaren derinilk miktarları fasla ve onlara ait Δ izafî sıkışma miktarları da tertip olarak tersim olunursa o vakit münferit mustatilin satıh miktarı münferit Δz irtifaındaki tabakanın tasmanı elde edilir. Ve bunların yekûnu da mevzuubahs irtifadaki bütün tasman miktarını verir.

Ceman yekûn 16 profil muayene edilmiştir. Bu profillerden ancak 24,7 ve 4 No. lu profil kontrol edilmiştir.

Yukarıda sayılan 3 profilin bilmesaha elde edilen yekûn tasmanları, ilk mesaha edlien kuvvetlerin tenzili suretile şu yolda tesbit edilmiştir:

Profil 14 tasman miktarı	117	santim.
Profil 7 tasman miktarı	53	santim.
Profil 4 tasman miktarı	29	santim.

Bu mesahalar taş anroşmanın başlığında icra ettirilmiştir. Halbuki Fröhlich nazariyesi tasman mesahasının yalnız seddenin mihverinde yapılmasına müsaade etmektedir. Bu suretle bir hata vücude gelmektedir. Bu hatanın tabi îolarak ve mesaha ile yapılan ve hesapla istihraç edilen neticelerin birbirile mukayeselerinde nazarı itibara alınması icap eder.

Tazyik mesamat emsal diyagramının 4 No. lu muadelesi olan:

$$\varepsilon = -\frac{1}{B} \cdot \ln (p + p_0) + C_1 \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (98)$$

de $\sigma_q = p + p_0$ ve $\varepsilon = \varepsilon_q$ konuldukta şu muadale elde edilir.

$$\varepsilon_q = -\frac{1}{B} \ln \sigma_q + C_1 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (99)$$

ve $p + p = 1$ ve $\varepsilon = \varepsilon_1$

olduğunda $\varepsilon_1 = -\frac{1}{B} \ln 1 + C_1 = C_1 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (99a)$

Her iki muadeleyi birbirinden tarhederek şu muadeleleri elde ederiz:

Yekûn hamulesi için : $\varepsilon_1 - \varepsilon_q = \Delta q = + \frac{1}{B} \ln \sigma_q$

Zati sıkleti için : $\varepsilon_1 - \varepsilon_g = \Delta g = + \frac{1}{B} \ln \sigma_g$

Gruner'in usulü veçhile takribî olarak surette bulunan Δ nın $1 + \varepsilon_0 = 1$ hesap edilme şekli daha gayrı müsait bir vaziyet doğurmuş olur. Bu takdirde izafî sıkışma; mesamat emsalinin tenakusuna müsavi kılmak lâzımdır.

$$\Delta = \varepsilon_g - \varepsilon_q = \Delta q - \Delta g$$

$$\Delta = + \frac{1}{B} \cdot \ln \frac{\sigma_q}{\sigma_g} = \frac{1}{B} \ln \left(1 + \frac{\sigma_q}{\sigma_g} \right) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (100)$$

σ_p umum tazyiki ifade etmeyip yalnız tahmil dolayısiyle hasıl olan tazyiki ifade eder.

Bu umumî misalde B = 20 olarak kabul olunmuştur. Terzaghi kabarma emsali olan A için zemin mihankiî kitabının 70. inci sahifesindeki 19 No. lu cetvelde şu kıymetelri vazetmiştir.

I o. lu kil için: 52,7

IV No. lu kil için: 22,3

Bu rakamlar (5) No. lu muadele mucibince A olan kabarma emsalinin kıymetleridir. B olan sıkışma emsallerinin kıymetleri (4) No. lu muadele mucibince daha küçüktürler. Yani (B < A) Grüner tarafından B için esas tutulan B = 20 kıymeti Terzaghinin IV. No. lu kil için kabul ettiği kıymete yaklaşmaktadır.

$$\Delta \; \% = 5{,}0 \, . \ln\left(1 + \frac{\sigma_p}{\sigma_g}\right) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (100a)$$

Gölbaşı seddesinin 3,4, ve 7 no. lu profillerinin zikredilen noktalarındaki tasmanları yukarıda gösterilen metot dairesinde bilhesap tesbit edilmiş ve neticeleri cetvel halinde olarak aşağıya derced lmiştir.

Porapolık taban tazyık intişarı :

$$p = {}^3/_2 \, p_0 \left(1 - \frac{x^2}{b^2}\right) \qquad \text{dir.}$$

Sedde ve sudan dolayı zeminde husule gelen gerilme ;

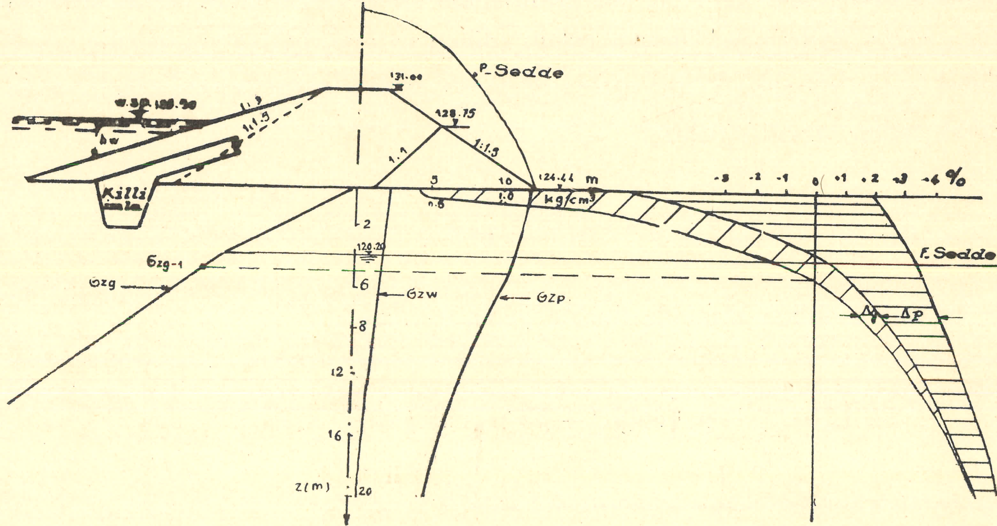
$$\sigma_{zp} - \frac{2}{\pi} \cdot p_o \left[\text{cotg}\,\beta + \beta\,(1 - \text{cotg}^2\,\beta)\right]$$

Cetvel: VIII.

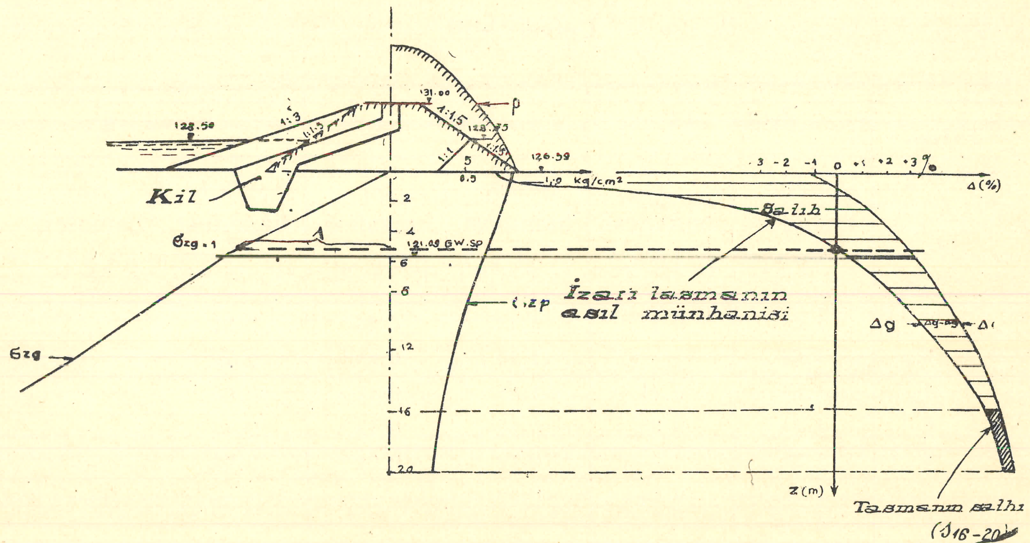
Taban genişliği m.	Profil 14		Profil 7		Profil 4	
	Sedde hamulesi p kg/s_m^2	Su hamulesi p kğ/s_m^2	Sedde hamulesi p gk/s_m^2	Su hamulesi p kg/s_m^2	Sedde hamulesi p kg/$_{sm}{}^2$	Su hamulesi p kg/$_{sm}{}^2$
0	1.65	0.43	1.14	0.22	0.81	—
2	1.63	—	1.11	0.21	0.77	—
4	1.56	0.41	1.01	0.17	0.63	—
6	1.44	0.35	0.85	0.12	0.40	—
8	1.28	—	0.62	0.04	0.09	—
10	1.06	0.25	0.32	—	—	—
12	0.81	—	—	—	—	—
14	0.56	—	—	—	—	—

Cetvel No. IX

Derinlik m.	Profil 14		Profil 14		Profil 7		Profil 4	
	Sedde ∢ β	Hamulesi σ_{zp}	Su ∢ β	Hamulesi σ_{zp}	Sedde ∢ β	Hamulesi σ_{zp}	Sedde ∢ β	Hamulesi σ_{zp}
0	90°.00	1.65	90°.00	0.43	90°.00	1.15	90°.00	0.81
2	83°.30	1.61	84°.00	0.43	80°.00	1.12	76°.00	0.77
4	76°.20	1.57	78°.00	0.41	71°.00	1.05	65°.00	0.70
6	70°.00	1.50	72°.00	0.40	63°.00	0.92	55°.00	0.62
8	64°.30	1.41	66°.30	0.38	56°.00	0.88	47°.00	0.54
12	54°.30	1.24	57°.00	0.33	44°.30	0.72	35°.00	0.41
16	46°.00	1.07	49°.00	0.29	36°.30	0.60	28°.00	0.33
20	40°.00	0.94	43°.00	0.26	30°.30	0.51	23°.00	0.27



Şekil : 63 — Profil 7. Gölbaşı seddesi



Şekil : 64 — Profil 4. Gölbaşı seddesi

62 - 64 şekilleri tersim usulü ile tasmanları göstermektedir. Bu tasmanlar satıh elemanlarının yekûnu ile elde edilmiştir.

Yani:

ds = Δ . dz = izafî sıkışma × tabaka irtifaı.

Şekil b deki 95 No. lu muadelede yukarıki cetvel mucibince hesap edilen zemin gerilmeleri derinliğin tabiî olarak tesbit edilmiş ve hesapta bunların kıymeti bir taraftan sedde yığını σ_{zp} ve supressiyonunun tesirinin tenakusu olan ΔA ve diğer taraftan da sedde şevine icrayı tesir eden su tazyikine göre hesap edilmiştir. Şekil c de bunlara ait yüzde nisbetindeki izafî sıkışmalar z derinliğinin tâbii olmak suretile çizilmiştir.

Yukarıdaki tarifat dairesinde bu üç münhaniden biri seddenin inşasından evvel husule gelen ve zeminin zatî sıkletinden mütevellit Δg miktarındaki sıkışma, diğeri Δq_w miktarındaki su hamulesinden mütevellit şevine icrayı tesir eden kuvvet, üçüncüsü de sedde yığınının Δq miktarında icrayı tesir eden kuvvetin münhanisidir. Supressiyonun tenakusu dolayısiyle ilâvesi lâzım olan cüz'î miktar Δq miktarında nazarı itibara alınmıştır.

Satıh tesbitinde tatbik edilen mikyas:

Tasmanların mesahası için tatbik edilecek satıh mikyası: İzafî sıkışmanın her iki tul mikyasının Δ yüzdesi ile dz derinliğinin hasılı zarbı ile elde edilir. Tatbikatta bu usul şöylece yapılır

Δ : % 0.5 = 1 cm.

dz : 100 cm. = 1 cm. (1/100)

Bunun için tasmanın mikyası ds; $\frac{0,5}{100}$. 100 = 0,5 cm diyagramda ölçülen 1 cm 2 satıh için muteberdir.

Yukarıdaki tarifat veçhile Grüner'in metodu mucibince g veyahut q = g + p mikdarında ve her iki münhani arasında tesbit edilen izafî sıkışmanın ölçülmesi zarurî olduğu bedihîdir.

Ölçülecek bu mesahalar şekilde taranmış olarak gösterilmiştir. Bunu tâkiben Δ münhanisi ile z mihveri arasındaki satıhların ne suretle ölçüleceği gösterilecektir.

Yukarıda zikredilen profillerde bilfiil ölçülen ile bilhesap bulunan tasman kıymetleri arasındaki mukayese aşağıdaki cetvelde gösterilmiştir

Profil No.	Sedde hamulesinin tesiri		Su sıkletinin tesiri
	Anroşman başlığından ölçülen tasman	Sedde başlığından hesap edilen tasman	Havuz dolu iken mütenazır tazyike göre hesap edilen tasman
	30/9/30 — 9/8/32		
14	117 Cm	89.6 Cm	36.0 Cm
7	54 »	64.4 »	19.8 »
4	29 »	43.0 »	—

Evvelce söylendiği veçhile tasmanlar az çok fazla olarak tesbi tedilmiştir. Sebebi de suretteki Δ kıymetinin takribî olarak 1 alınmasından ileri gelmiştir. İşbu emniyet emsalinden sarfınazar etmek istenilirse (98) sayılı muadele mucibince tasmanları hesap etmek icap eder. Biz ise bunun âtideki grafik usulü ile halledilmesini tavsiye ederiz.

ds için şu muadele yazılabilir:

$$ds = \Delta\varepsilon . \left(\frac{dz}{1 + \varepsilon_g}\right) = \Delta\varepsilon \ . \ dz_{red.} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (88a)$$

Bu muadele:

$$dz_{red.} = \frac{dz}{1 + \varepsilon_g} \qquad \text{dir.}$$

dir.

Maksada muvafık olmak üzere izafî sıkışmalar tahdit edilmiş bir z mihverine tertip olarak geçiril r. Bu tahdit keyf yeti dz miktarında olan münferit irtifa elemanlarını 1 $+ \varepsilon_g$ ile taks m etmek suretile elde edilir. (Yani tabakanın dz rtifaını 1 m kabul edilmek suretile). Bu esnada ε_g kıymeti mesamat tazy k emsali diyagramından istihsal olunur. Derinl k çoğaldıkça suret 1 e git gide yaklaşır. Çünkü g kıymeti der nliğin tezayüdü nisbetinde hattı müstakime yaklaşır. Ve b naenaleyh ε_g kıymeti derinl ğin çoğalması ile tenakus eder. Dr. Fröhlich'e göre sabit ve vasatî kıymeti ε_m ile hesap yürütülebilir. Şimdiye kadar Δ_g ve Δ_q kıymetlerini z m hverinde tertip olarak tersim etmiştik. Bunların yerine tercihan $\Delta = \Delta_q - \Delta_g$ tefazulunun (100) No. lu muadele mucib nce tesbit ed -

Şekil : 65 — Tasmanın satıh olarak grafik usulile sureti tayini.

lerek mihverine kaydedilir. Bu veçhile Δ münhanlerinin tertip mihveri arasında teşkil ettikleri satıhlar, hâdis olan tasmanlar ifade eder. Bu suretle yalnız bir mühnaninin çizilmesile mesele halledilmiş olur. Halbuki evvelki usulde hiç olmazsa iki münhaninin çizilmesine ihtiyaç vardır. Şekil 65 müracaat.

(100) sayılı muadeleden şu kıymetler elde edilir:

$$\sigma_g = 0 \quad ; \quad \Delta = \infty$$

$$\sigma_p = 0 \quad ; \quad \Delta = 0$$

Şekildeki taranmış satıh; sıkıştırılmış tabakanın bütün irtifaına ait tasmanı göstermektedir. Bizim misalde 20 m irtifaındaki tabakanın tasmanı gösterilmiştir.

Gölbaşı seddesinde mesaha edilenler ile bilhesap bulunan tasmanların mukayesesinde Dr. Grüner hesabını her ne kadar gayrı müsait şartlar altında yürütmüş ise de ölçülen tasmanlar kısmen bilhesap bulunan tasmanlardan daha büyük çıkmıştır.

Bu hakikat su dairesi için sedde inşasında bir hatâ mevcut olduğu kanaatini hasıl etmiştir. Tasmanların durdurulması için daire tarafından bazı tedbirler ittihaz edilmiştir. Fen âlemince bu tedbirlerin neden ibaret olduğunun bilinmesi arzu edildiğinden bunun hakkında kısaca izahat vermeyi lüzumlu gördük.

Gölbaşı seddesinin şimal müntehasında kabili nüfuz kalkerden müteşekkil kayalar üzerinde inşa edilmiş bulunması ve bununla suyun kabili nüfuz kayalığın içine girerek tazyik altında kalması seddenin içine nüfuz etmesi tehlikesini intaç eder. Bu tehlikeye karşı mukabil bir tedbir olmak üzere Dr. Grüner tarafından iki sureti hal tavsiye edilmiştir.

1 — Çimento enjekte edilmek suretile su sızmaz bir perde vücude getirmek ve bu perdeyi tulünce yer altında mevcut kil setresine bağlamaktır. Şekil 60 şa müracaat.

Bundan başka bu perde dağın içine sokulacaktır.

2 — Seddenin mesnedi olan kaya sathı kısmının gayri kabili nüfuz bir hale getirilmesi için çimento enjeksiyonlarının icrası.

Derinleştirilen tetkikat neticesinde 2 inci maddede gösterilen tedbirin gayri kabil olduğu neticesine varılmıştır. Zira seddenin kaya zemini fazlaca çatlakolduğu cihetle yapılacak çimento enjeksiyonları kayada bir istinat bulmıyarak kayb olup gidecektir. Bu sebepten dolayı bundan sarfı nazar edilerek kemali itina ile ihzar edilecek su sızmaz bir perdenin vücude getirilmesine karar verilmiştir. Bu perde sayesinde sızıntı suretile gelen suların sedde içerisine nüfuz etmesine emniyetle mani olacaktır.

b) Löhavre'da büyük transatlantik istasyonunun tasmanları:

Aşağıdaki tatbik misali mühendislere yeni Geoteknik metodları öğretmeğe ve bu metodların kabiliyeti tatbikiyelerini göstermeğe matuftur.

Löhavre limanı Paris hükûmetinin en derin limanıdır. Bu limanın 3 kilometre tulündeki rıhtımı cezir su seviyesinden 12-14 metre daha derindir. Limanın işbu vaziyeti büyük bir transatlantik limanı olmasına sebebiyet vermiştir. Şekil 66. Bu liman istasyonun umumî vaziyet plânını göstermektedir.

Liman istasyonunun tarihçesi

Yeni istasyonun temel işlerine başlanmadan evvel profil No. 21 de görüldüğü veçhile binanın orta yerinde bir tecrübe sondajı yapılmıştır. Bu sondaj nakıs 15 metre derinliğe kadar devam ettirilmiştir.

Temelin 30 metre uzunluğunda çakılan kazıklara oturtulması müşkül görüldüğü cihetle istikşafta yapılan tecrübe sondajlarına müsteniden kısa kazıkların kullanılması teklif edilmişti.

İşbu kısa kazıklar 1 . 5 metre seviyesindeki ilk çakıl tabakalarına çakılacak idi. 9 adet münfe-

rit kazık, üç kazıktan ibaret bir grup, bundan başka 6 kazıktan ibaret bir grup çakılmış idi. Yani zemine ceman 18 kazık çakılmıştı.

Şekil 67 de görüldüğü veçhile bu tecrübeler den beher kazığın 40 tonluk bir hamuleyi başarabileceği anlaşıldığı cihetle tahmil ve tahliye rampalarının haricinde bulunan bütün bina kısmının eski zemini tab'iye çakılacak kısa kazıklar üzerine oturtulması kararlaştırılmıştı.

İntihap edilen kazık tipi; kaidesi zemin içerisinde genişletilerek dökülen bir kazık tipinden ibarettir. 2045 kısa kazık 3.5 ay zarfında ikmal edil mişti. Beton arme inşaatının kısa bir zamanda ikmalinden sonra binanın gayrı muntazam bir surette çökmesinden dolayı bazı çatlaklıkların husule geldiği görülmüştür. Binaenalyeh yukarıda anlaşıl dığı veçhile yapılan temel inşaatının mütecanis olmaması yani hafif olan anbarların kısa kazıklar üzerine ve diğer tahmil ve tahliye rampalarının uzun kazıklar üzerine inşa edilmiş bulunması tabiî olarak uzun kazıklar üzerinde oturtulan inşaatın amelî olarak sabit ve hareketten sakit kalmasına mukabil kısa kazıklar üzerine oturtulan inşaat çökmesini ve muvazeneten gayrı muayyen bir beton arme inşaatı için tab'atile gayet muzır neticeler vermesini mucip olmuştur.

8 No. lu profil civarındaki çökmeler en büyük idi. Bu sebepten dolayı bu noktada binanın desteklemeler ile tutturulmasına çalışıldığı halde muvaffakiyetli bir netice elde edilmemiştir. Hakikat halde zamanın müruru ile destekleme tertibatı ile inşaat profili kayarak çökmeler mütemadî surette gittikçe artmıştır.

Bu işe memur olan mühendisler tarafından bu çökme hâdiseleri hakkında muhtelif nazarî faraziyat ortaya atılmıştır. Bu faraziyat şunlardır:

1 — Rıhtım duvarı denize doğru kaymakta olduğundan arkasındaki zeminin çökmesine sebebiyet vermiştir.

İşaretler

○ Sondaj delikleri

● Piezometre boruları (Yer altı su seviyesinin tayini içindir)

▽ Zemin sathında röperler

▼ Bağlantı röperleri

Şekil : 66 — Transatlantik rıhtım istasiyonunun umumî vaziyet planı

2 — Rıhtım duvarı sağlam durduğu halde yanlarındaki zeminin hamulen'n tesir'le sıkışmış olmasından dolayı çökmeler vücude gelmiştir.

Şekil : 67 — İskele istasyon binasının ortasından makta'ı

3 — Üstüvanevî bir kayma sathının vücude gelmiş bulunması dolayısiyle rıhtım duvarı kara tarafına doğru meyletmekted r.

4 — Hasıl olan çökmeler derinde bulunan çakıl tabakalarının suyun kuvvetli ceryanından dolayı boşaltılmış olmasından ileri gelmiştir.

5 — Kısa olan kazıkların fazla tahmil edilmiş bulunmaları aşağıya doğru nüfuz ederek ilk çakıl tabakasını delmiş olmaları.

6 — Üç htmale mebni zeminin sıkışması dolayısiyle çökme hâdisesinin vuku bulması;

a) İmlâ edilen zeminin b'zzat tekâsüf ederek çöküntüyü vücude getirmesi,

b) İmlâ hamulesinden dolayı yer altı zemin'nde vücude gelen çöküntü.

c) Binanın sıkletinin tesir'yle vücude gelen yer altı zem'nin çökmesi,

Bu muhtelif izahat birbirini nakzetmediklerinden aynı zamanda bunları mezc ile mevzuubahs çökmenin esbabı mucibesi olarak gösterilebilir.

Bu sebepten dolayı taharriyata mahsus mufassal bir program tanzim edilmiş ve bu program mucibince bu tasmana sebebiyet veren âmillerin birbirinden ayrı olarak rasat, mesaha ve geoteknik usulü ile muayenelerinin icrasına karar verilmiştir. Bu hususata âtideki malûmatın verilmesini faideil görmekteyiz.

Rasatlar, mesahalar ve tecrübeler:

Arazinin jeolojik hakikî profillerini elde etmek üzere müteaddit sondaj tecrübeleri yapılmış, sondajlardan çıkan malzeme nümuneleri zeminin geoteknik hassalarını tesbit maksadile lâboratuvarlarda muayene ettirilmiş ve nihayet yer altı su seviyesinin muhtelif noktalarda irtifalarının tesbitine çalışılmıştır.

A - Sondaj profilleri ve zemin nümunelerinin ilk muayeneleri:

Sondaj profillerinin mevkileri 65 No. lı şekildeki mevziî plânda görülmektedir. Bunlardan beş tanesi mihver üzerinde 18, 21, 34 ve 50 numaralarla gösterilmiştir. Diğer profiller azamî tasmanın vuku bulduğu mıntakadaki 8 No. lu profilin arzanî maktaını çizmeye müsaittirler. 1933 senesi teşrini evvelinde yapılan ilk sondajlarda şu neticeler müşahede edilmiştir:

4.5 İngiliz parmağı kutrundaki sondaj deliği bir akşam 9.00 m. umka varmıştır. Ertesi günü sabahleyin tekrar işe başlanmak istenildiği zaman bu delikteki zeminin 1.5 m kadar yükseldiği müşahede edilmiştir. Bu hal diğer sondaj deliklerinde de aynen tekerrür etmiştir. Bu tezahürata mani olmak için sondaj borularının nümuneyi almadan evvel bir kaç metre daha derine çakılmalarına mecburiyet hasıl olmuştur. Tbaiî olarak tatbik edilen bu usul zeminin nümunelerinin hafifçe değişmesine sebebiyet vermiş olmasına binaen bu suretle bozulmasına sebebiyet verilen alt tabaka nümunelerinin geoteknik muayenelerinden sarfı nazar edilmiştir.

B — İrtifa roperelri ve nivelmanlar:

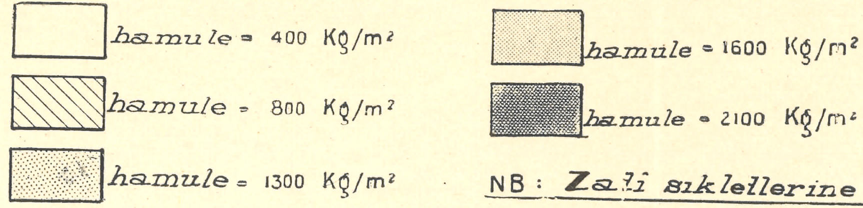
Şekil 66 da görüldüğü veçhile esas irtifa röper noktası 1 No. lu profilde rıhtım duvarı üzerine tesbit edilmiştir. İrtifa röperinin mevzuubahs olabilen cüz'î hareketleri bilâ kaydü şart inşaatta hâdis olanlara nisbetle himal edilebilecek derecede duvarın 20 rakımındaki çakıl tabakası üzerine inşa edilmişti. Zemin katının ikmalinden sonra 1933 senesi kânunu sanisinden itibaren çökmelerin mesaha edilmesine müsait bir plân çizilmiştir.

Çatlaklıkların ilk vukuundan itibaren sistematik bir usul ile binanın irtifai mesahalarına başlanmıştır. Bunun hemen akabinde mesnetlerin beklenmiyen hareketlere maruz kaldıkları ve bu gayrı muntazam hâdiselerin med ve cezirden husule gelen zemin hareketlerinden vücude geldiği kanaatine varılmıştır. Buna binaen nivelmanların, med ve cezre tâbi muayyen ve sabit saatlerde icralarına karar verilmiştir. Birbirinden farklı olan hareketleri ayırmak için binanın iç ve dışındaki zemin satıhlarına şekil 67 de görüldüğü veçhile irtifa röperleri konmuştur.

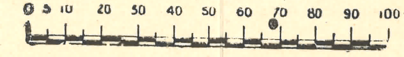
Binanın tamsanı:

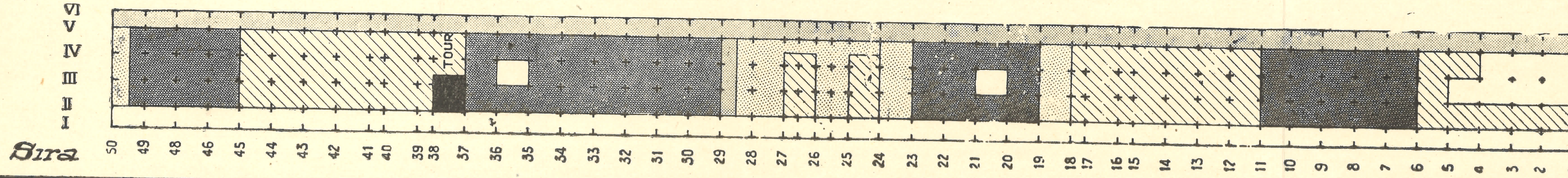
Şekil 68, binanın iki muhtelif zaman fasılalarındaki tasmanının tvzi şeklini ve aynı zamanda zatî sıkletinden husule gelen umumî plânı göstermektedir. Şeklin mütaleasından da biri 6 ve 10

İşaretler



Mikyas





Orta ayak N°

Kıyas röperleri

Massif rıhtım dıvarı : 500 m.

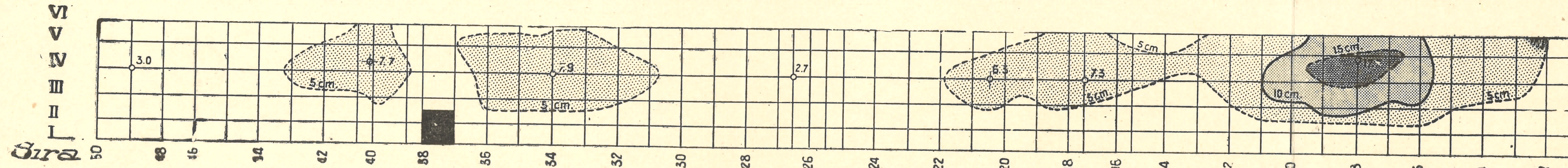
Kemer üzerinde müstenit : 300 m

islinat dıvarlı rıhtım

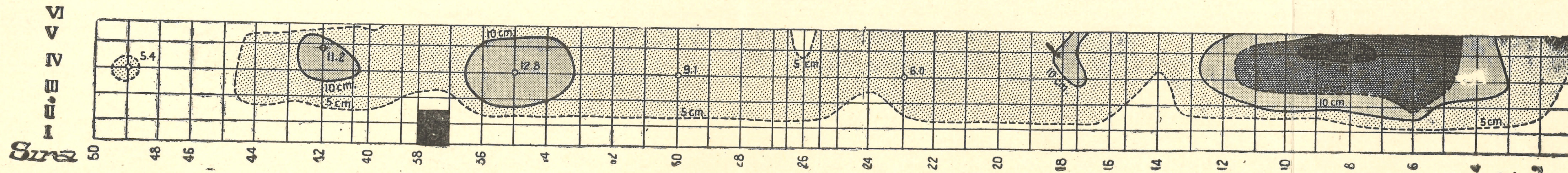
Kemer üzerinde müstenit : 200 m.

palplanşlı rıhtım

Kânunusaniden teşriniewele kadar vukubulan tasmanlar (Nivelmanın nihayetinde)



Kanunusani 933 den Mayıs 934 tarihine olan tasmanlar (Nivelmanın nihayetinde)

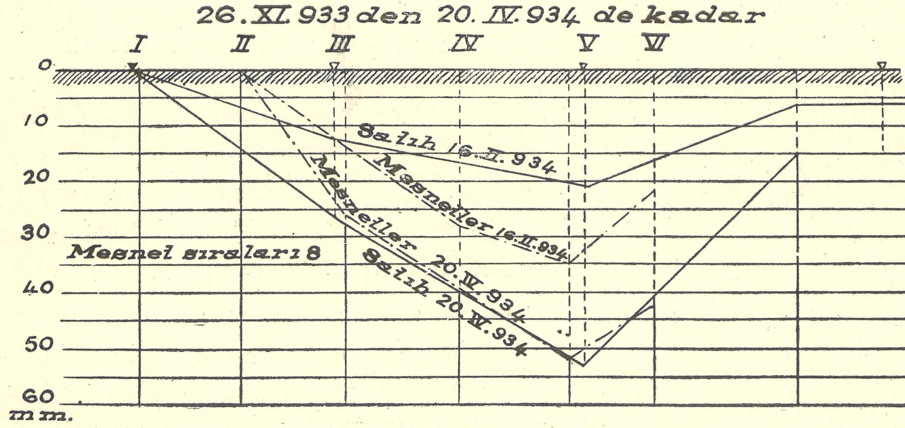


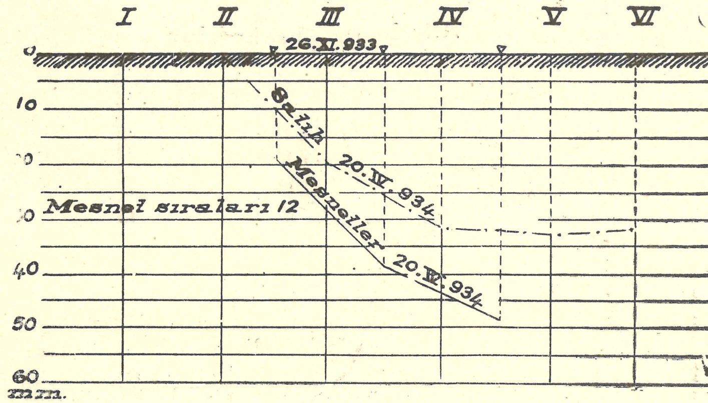
Şekil 68. Transatlantik deniz istasyonunun tasmanları

No. lu sıranın arasında diğeri 34 ve 42 No. lu sıraların arasında olmak üzere iki adet çökme noktasının mevcut olduğu anlaşılmaktadır.

Zemin sathının çökmeleri:

Zemin sathının çökmeleri şekil 69 da gösterilmiştir. Şeklin mütaleasından mesnetlerin, nokta çizgi işareti ile gösterilen tasmanların zemin sathının tasmanından olan farkı vazıh olarak görülmektedir. Meselâ 26 teşrinievvel 1933 den 26 şubat 1934 tarihine kadar zemin sathı, mesnetlere nisbeten daha batî çökmüştür. Yani kazıklar çakıl tabakasını delmişlerdir. Çökme tefazulu 15 milimetre den ibarettir. Fakat 16 şubat 1934 tarihinden 20 nisan 1934 tarihine kadar zemin sathı geri kaldığı



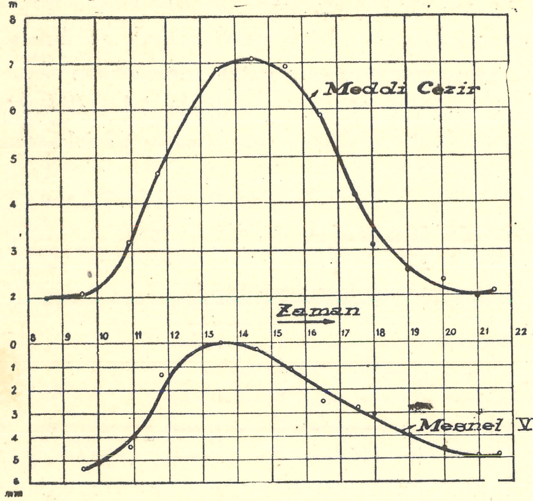


Şekil : 69 — Zemin sathı ile mesnetlerin arasında nisbi tasman.

bu çökme miktarını telâfi etmiştir. Binaenaleyh bu zaman fasılası esnasında kazıklar sağlam zemine varmışlar ve bu suretle çökme yalnız imlâya münhasır kalmıştır. Aynı vaziyet 12 No. lu kazık sırasında müşahede edilmiştir. 26 teşrinisani 1933 den 20 nisan 1934 tarihine kadar çakıl tabakası sathı mesnetlere nisbeten 15 milimetre kadar daha fazla çökmüştür.

Med ve cezir dolayısiyle nisbî hareketler:

Şekil 70 de 8 No. lu sıradaki 5 sayılı mesnedin haerketleri (1) No. lu mesnedin hareketlerine göre çizilmiştir. Aynı zamanda mücavir merkezin med ve cezir münhanisi de tersim edilmiştir. Med ve cezir münhanisi kazık hareket münhanisne nazaran şeklini daha az tagyir etmiştir. Bu münhani mütenazır olduğu halde mesnetlerin çökme münhanisi mütenazır değildir.



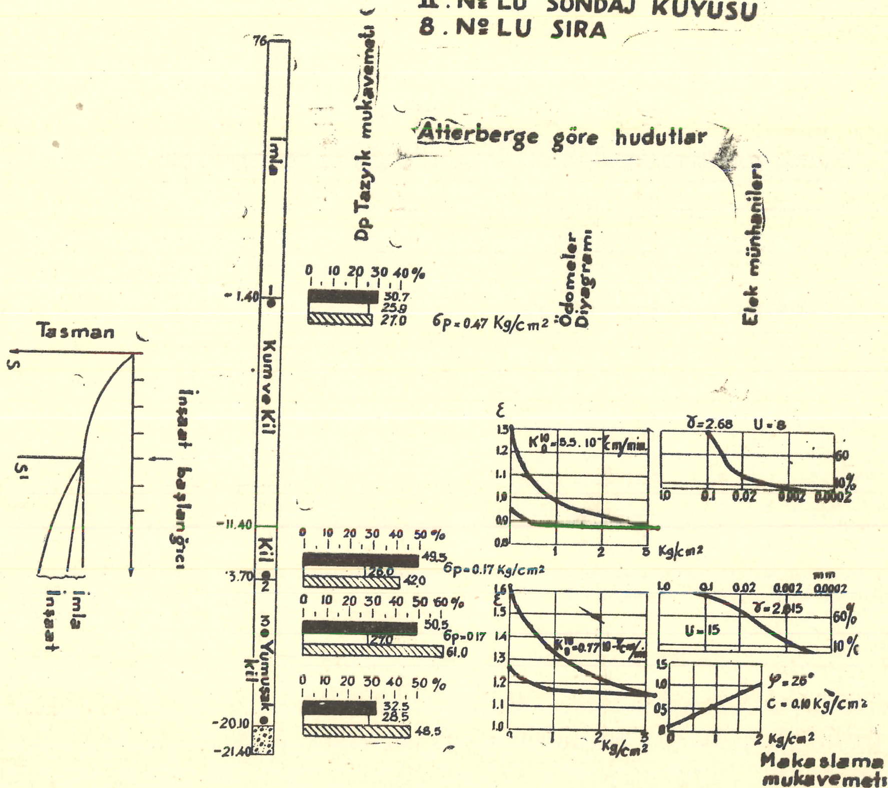
ekil : 70 — Meddi cizre göre ayakların nisbi hareketi

C - Geotechnki tcerübeleri:

Sondajlardan bozulmıyarak alınan zemin nü munelerinin lâgoratuvarda geoteknik muayeneleri yapılmıştır. Evvelce bildirildiği veçhile nümuneler borunun içinden alınarak borunun altındaki tabakalardan alınmamıştır. Bu sebepten dolayı iş bu nümunele rarızık bozulmuştur. Geotkenik hususunda yapılan normal tecrübelerin netayici şekil 71 de gösterilmiştir.

Atterberger'in hududu cihetinden yapılan tecrübe neticesinde (kitabın 1a faslına müracaat) şu hususlar tesbit edilmiştir:

Bazı nümunelerin bir miktar su, ihtiva ettikleri ve bu su miktarının akma hududuna lâzım olan miktardan fazla olduğu ve muayene edilen zemin nümunelerinin iki kategoriye taksiminin mümkün olduğu tesbit edilmiştir. Zeminin bir gurubu tamamile killi bir karaktere maliktir. Bu zemin guru-



Şekil : 71 — Geoteknik esas kıymetleri.

bunda uzvî maddeler mevcut olduğundan yüksek bir plâstikiyet hududuna maliktir. (II. No. lu sondaja müracaat) zeminin diğer gurubu uzvî mevad da malik omlayan maddelerden mürekkep olup az çok kumludur. Binaenaleyh bunun plâstikiyet hududu çok aşağıda olup su muhteviyatı bazan akma hududundan daha yüksekte bulunmaktadır (Sondaj deliği b II. ye müracaat).

Elde edilen bu neticeler Ödemetre tecrübesinin neticelerile tahakkuk etmiştir. (Mesamat tazyik emsal diyagramı) killi zeminler büyük sıkışma kabiliyetine malik olduklarından nüfuziyet kabiliyetleri az olur. Buna karşı kumlu zeminler az bir sıkışma kabiliyetine malik olduklarından yüksek bir nüfuziyet kabiliyetine maliktirler.

Killi zeminlerin delk ve temas zaviyeleri 23 ile 26 derece arasında tahavvül etmektedir. Elek münhani neticesini gösteren granülometre münhanisinin tetkikinde bu zeminlerin 2 mikrondan daha küçük yüzdelik nisbetindeki zerre miktarının fazla olduğu görülmektedir. Buna karşı kumlu zeminlerin delk ve temas zaviyesi 34 ilâ 36 derece arasında tahavvül etmekte olduğu, içinde koloidal cinsten zerreler bulunmaktadır. Umumiyetle bu işte az çok kumlu killi zeminler mevzuubahstır. Bu zeminler kendilerinin sıkışma kabiliyetlerile cüz'î bir kabarma kabiliyetine malik olmalarından dolayı tefrik edilmeleri mümkündür. Bu gibi zeminler belki iç hücrelerinin teşekkülünde deniz dahilinde önceden hâdis olan yapraklanma halindeki teşekkülünden ileri gelmiş olabilir. Tabiatile bu teşekkülün mukavemeti az olduğundan Ödometre tecrübesi esnasında kısmen tahrip edilmektedir.

Kısa kazıkların istinat ettikleri üst tabaka Terzaghinin hidrolik sondaj usuliyle muayene ettirilmişti. (Bu hususta kitabın 1 inci fasıl 4 üncü bahsine müracaat.) Çakıl tabakası sondajla bilâ müşkülât bulunmuştu. Çakıldaki sondaj nüfuz mukavemetinin, imlâdaki sondaj nüfuz mukavemetinden farklı olmasından dolayı çakıl tabakası vaziyetinin hini tetkikinde, bunun hakikî çakıl vasfına malik olmadığına hükmedilmiştir. Bu tabakanın az çok killi maddelerle vücude gelen bir rüsup olduğu meydandadır. Bu keyfiyet kısa kazıkların tabakayı kolaylıkla delip geçmelerile teeyyüt etmektedir.

Nazarî Hesaplar

Geotechnik tecrübelerine müstenit kitabın II nci kısmında gösterildiği veçhile, zeminin zamanla sulplaşmasından dolayı vücude gelen çökmeler hesap edilebilir. Filvaki zeminin hamule altında, tahmilden dolayı suplaşmadan maada çökmeyi tevlit eden diğer sebepler olabilir. Bu gibi âmiller her halde mevcuttur. Bu hususta yürütülecek hesap ancak umumî çökmenin bir fer'ini veyahut başka bir tâbirle çökmenin bir asgarisini teşkil eder. Muayene edilen zemin nümuneleri azıcık bozulmuş olduklarından ölçülen sıkışmaların daha büyük olmaları icap eder. Bunun için hesaba zeminin eski halini tesviye edecek bazı faraziyat kabul edilmiştir.

En fazla çökmelerin husule geldiği imlâ mantıkaları (8 No. lu sıra) hidrolik usulü ile yani tabakavarî imlâ yapmak ve bu imlâyı su ile ıslatmak suretile vücude getirilen mantıkalardır. Bunların inşa edildiği tarihler 1927 - 1928 seneleridir. İmlâdan husule gelen sıkletten dolayı yer altı zemininin sulplaşması ve aynı zamanda imlânın çökmesi keyfiyeti inşaatın bidayetinde başlamış ve deniz istasyonunun inşası esnasında da devam etmiştir. Bu çökme hareketine istasyon binası inşaatının sıkleti de inzimam etmiştir.

Atideki hesaplarda; binanın kazıklar ve mesnetlerinde zemin sathının çökmeleri kadar bir çökme kabul edilmiştir. Bu faraziye ancak rasat için kâfi miktarda uzun bir zaman fasılasının mevcudiyetini şart kılar.

Filhakika kazıklar imlâ ve bina sıkletlerinin tesirile mutasavver nâfi hamulenin yarısı ile tahmil edildikleri halde çökmüşlerdir. Bu hareketin evvecle târif edildiği veçhile aynı anda zemin sathının çökmesine müsavi olamıyacağı bedihîdir. Maamafih kazıklar çakıl tabakasını deler delmez hamuleden kurutlmuş olarak sabit bir halde durduklarından imlânın sıkletini taşımamağa başlamışlardır. Üst satıh kendi kendine çökmesine imlâdan dolayı yük kazıklara tamamen vüsul oluncaya kadar devam etmiştir. Bundan vasatî olarak gerek kazıkların ve gerek zemin sathının çökmeleri aynı surette cereyan etmiş olduğu anlaşılmaktadır.

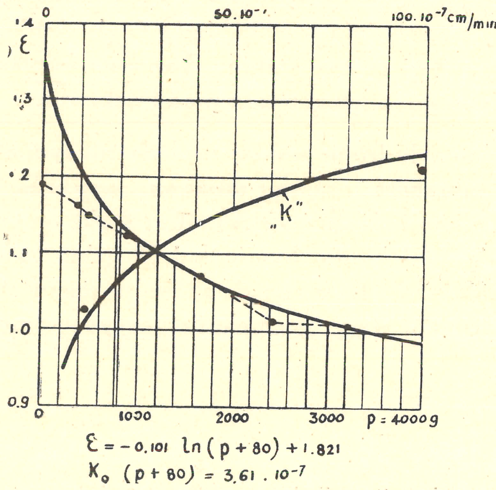
İmlânın çökmeleri:

İmlâ, takribî olarak deniz istasyonunun inşasından beş sene evvel vücude getirilmiş idi. Binanın çökmelerine gelnice: Bizi ilk önce imlânın beş sene zarfında husule gelen çökmesini gösteren münhani kolu alâkadar eder. Şekil 72 de münhaninin diğer hususlarda alacağı şekil için müteaddit basitleştirme faraziyeleri yapılabilir. Bu faraziyeler şunlardır:

1 — İmlânın su muhteviyatından imlânın vücude geldiği esnada malzemenin akma hududu dahilinde bulunduğu,

2 — İmlânın, birdenbire bütün irtifaı ile istasyon binasının inşasından beş sene evvel vücude getirilmesi,

3 — Sulplaşma esnasında mesamatın bütün suyunu yukarıya doğru defetmesi.



Şekil : 73 — Tazyık mesami nüfuziyet diagramı

Bu farazye altında bulunan tabakanın kabiliyeti nüfuziyesinin pek az olduğu hakikati ifade eder.

Hesap: Şekil 71 de gösterilen zemin nümunesinin II b tipine istinat ettirilmiştir.

Şekil 73 de ödemetre diyagramının (mesamat tazyik emsal diyagramının) yerine nazarî bir münhani ikame edilmiştir. Şekilde görüldüğü veçhile bu münhani küçük tazyikler için çok büyük mesamat emsalini vermektedir. (Bu münhani dolu hatla ve mesaha neticeleri kesik hatlarla gösterilmiştir.)

Münhaninin verdiği bu netice alınan nümunenin daha zeminde iken bazı tazyiklere maruz kalındığından ileri gelmektedir.

Odömetre diyagramının ana kolu âtideki muadele ile ifade edilebilir. (Kitabın 1 inci kısmına müracaat).

$$\varepsilon = -\frac{1}{\beta} \ln (p + p_c) + C_1$$

ve:

$$\beta = \frac{1}{B}$$

Bizim bu hususî halde ise:

$$\varepsilon = -\ o, \quad 101 \ln (p + 80) + 1{,}821 \quad \text{dir.}$$

Diğer taraftan nüfuziyet mesamat emsalinin bir tâbii olduğundan tazyikin de tâbii olması lâzım gelir. Terzaghi'nin vücude getirdiği ampirik neticelere müsteniden:

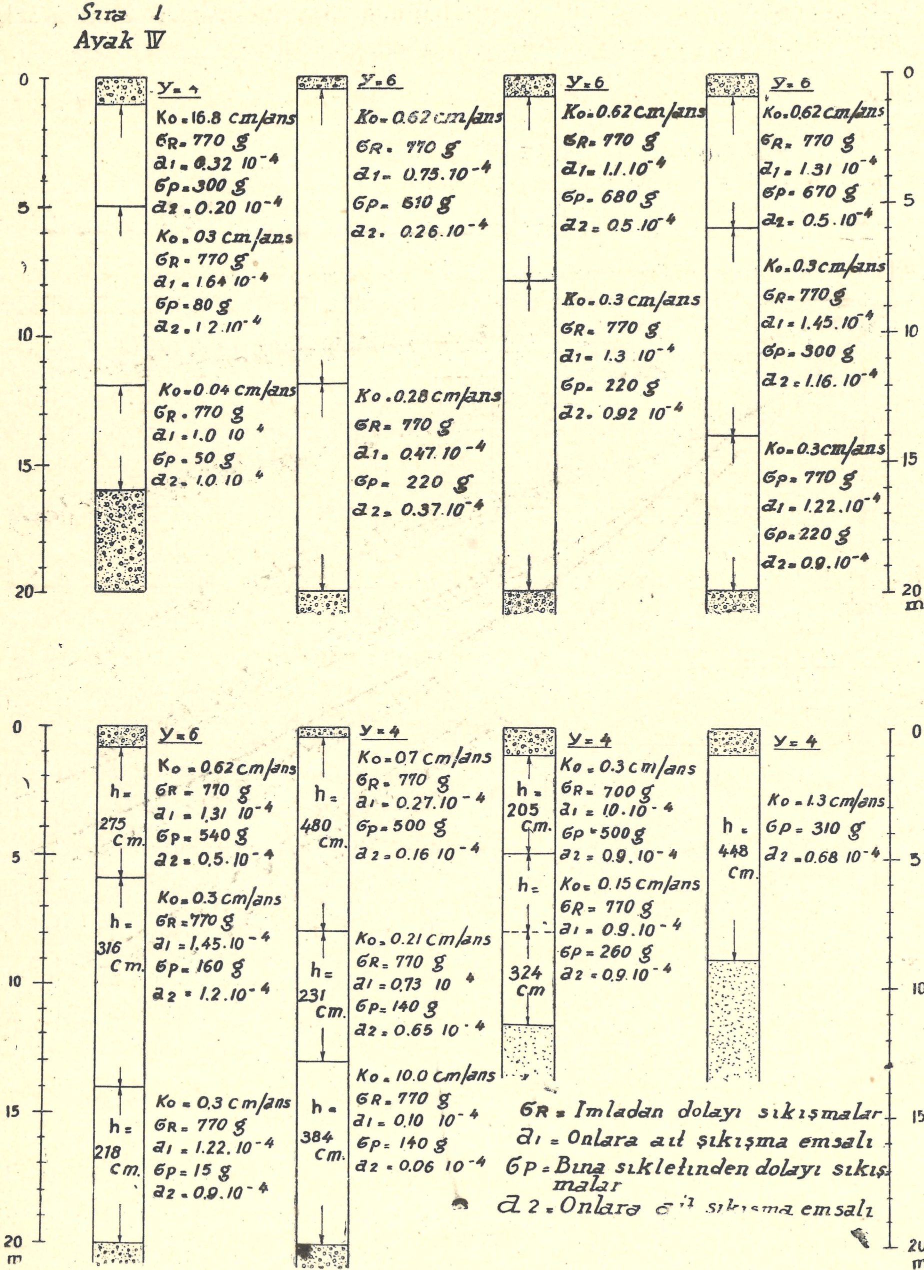
$$k_o (p + p_c) = \text{Const.} = c$$

olması lâzım gelir.

Bu şart bziim hususî hale pek âlâ tatbik edilebilir. Ve tatbiki halinde şu neticeye varılabilir.

$$k_o (p + 8_o) = 3{,}61.\ 10^{-7}$$

İmlânın suplaşması veya sıkışması; umumî tasman hesaplarının ipotezlerinin kaidelerine göre cereyan ettiğini gösterir. (Kitabın II. inci kısmına müracaat). Bu sebepten dolayı bu mesele daha fazla tâkip edilmemiştir.

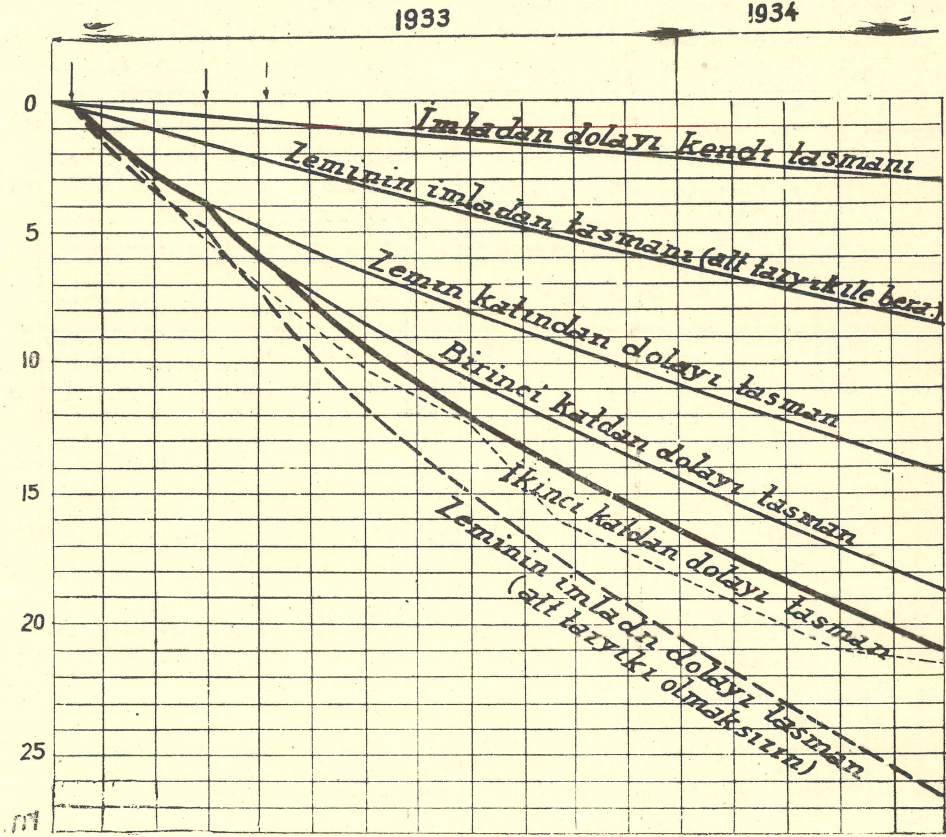


Şekil: 74

Yer altının çökmeleri:

Hesabın esasları şekil 74 de görülmektedir. Bu şekilden âtideki hesaba esas olan mevzuubahs tabakaların küçültülen irtifaları suyun aktığı istikametler, sıkışmalar, k_0 olan nüfuziyet emsali ve a sıkışma kıymetleri görülmektedir.

Zemindeki müessir gerilmelerin tevzi şekli bu kitabın II. a faslında anlaşıldığı veçhile Dr. Fröhlich'in metoduna göre hesap edilmiştir. V olan parametrenin intihabı hususunda mahallî şartlar nazarı itibara alınmıştır. Umumiyetle sert olan bir tabakanın kum gibi yumuşak bir tabakaya icra ettiği tazyikler için V = 4 olarak intihap edilmiştirr. Yalnız 8 No. lu sıra civarında V için 6 tecviz edilmiştir. Bunun sebebi buradaki imlânın ancak kısmen altındaki tabakaya dayandığı ve kısmen de tevzi şekli bilinmiyerek altına çakılan kazıklar tarafından taşındığı faraziyesinden ileri gelmiştir.



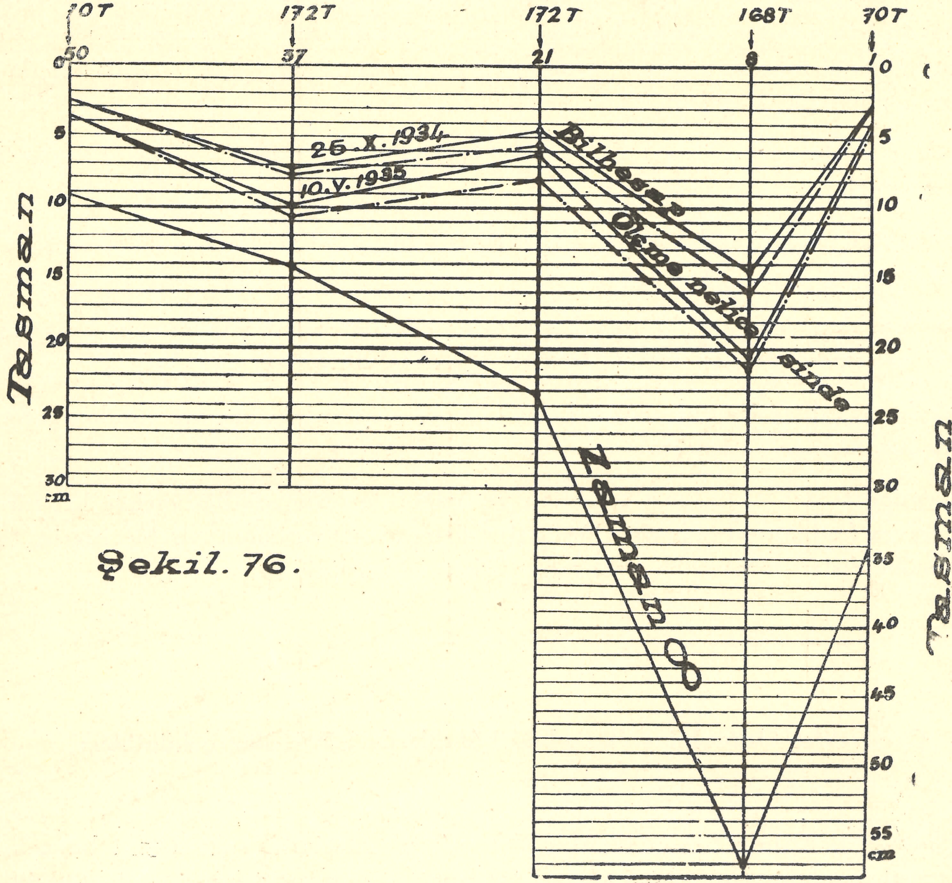
Şekil : 75 — Tasman müuhanileri IV/8 No. lu ayak için nazarî hesap ve ameli ölçülen tasman.

Şekil 75 a zamana tâbi nazarî münhani ile rasat ile elde edilen çökmelern imünhanisini göstermektedir. Bu münhaniler 4 No. lu mesnedin 8 No. lu kazık sırasını ifade etmektedir. Şekil 75b ise 4 No. lu mesnedin ellinci sırasının münhanilerini göstermektedir. Her ikisi de birer tipin şeklini arzetmektedir.

Şekil 76 da muhtelif zamanlarda deniz istasyonunun 4 No. lu hattındaki tulânî maktaın nazarî ve ölçülen hakikî çöküntülerini göstermektedir. Nazarî olarak namütenahî uzun bir zamandan sonra şekilde görüldüğü veçhile 8 No. lu sıradaki azamî çökmenin mıktarı 57 santimetreye vasıl olacaktır. Şekil 77 de bunlara müşabih olan 8 No. lu kazık sırasına ait çökme münhanileri görülmektedir. Bunların tetkikinde hakikî ve nazarî çöküntü münhanilerinin birbirine yalnız şekil itibarile değil aynı zamanda rakam itibarile de mutabık olduğu görülür. Bunun neticesi Fröhlich - Terzaghi nazariyelerinin kabili tatbik olduğunu ispat etmektedir.

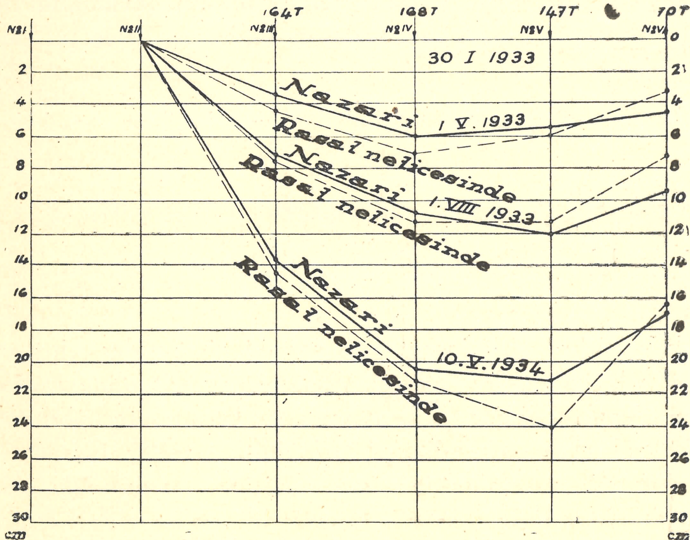
Elde edilen neticeler, yukarıda anlatılan misalden zemin sıkışmasının La Havre deniz istasyonu çöküntülerinin esas âmilini teşkil ettiği neticesine varılır. Bu sıkışmadan dolayı hâdis olan kil

ve marn zeminlerinin sulplaşması hükmî bir mecburiyettir. Diğer nazarı itibara alınacak sebepler ise tâli derecede kalıp bunların çöküntülere olan tesirleri az veya çok nazarı ehemmiyete alınmıyacak kadardır.



Şekil. 76.

Zeminin yalnız suplaşmasında ileri gelen ve tarassut edilen çöküntülerin heyeti umumiyesinin hesap ile tefsir ve izahları mümkün olduğu cihetle diğer sebeplerin çöküntüye müessir olduklarını farzetmek lüzumsuzdur. (Bu suretle çöküntü münhanilerinin nazarî ve amelî vaziyetlerinin birbirile fevkalâde tetabuk ettiklerini bir kere daha zikretmeyi faideli görüyoruz.)



Şekil: 77

Yukarıda gördüğümüz veçhile çöküntülerin heyeti umumiyesi hali tabiîsine bırakılmış olsaydı 4 No. lu mesnedin 8. inci sırası, 2 No. lu mesnede göre 57 santimetre çökecek idi. Bu gibi muvazeneten gayrı muayyen olan bir beton arme inşaatın tagyir şekli, mesnetlerin tasmanında husule gelen fevkalâde büyük cer gerilmeleri dolayısiyle gayri kabili tecvizdir. Bir felâketin önüne geçmek için inşaatta ister istemez bazı tedabir ittihazına mecburiyet hasıl olmuştur. Bu tedbirlerde

Frayssinet tarafından tatbik edilmiştir. Zemine ilâveten çakılacak kazıklardan husule gelmeleri muhtemel her çeşit sarsıntılara mani olmak için zemine içi boş beton kazıklar hidrolik preslerle çakılmıştır. Yüksek tazyik kabiliyetine malik olan bir beton ile Frayssinet'in yeni usulünün dahiyane bir şekilde tatbiki suretile bu betonun henüz döküldükten 6 saat sonra cm^2 na 200 mihveri tazyik tahmili yani beher kazığa 320 ton sıkletinde bir tahmil icrası ve bilâhare ikinci derecede inhina gerilmelerini ninzimamı suretile de cm^2 na ceman 500 kilogram miktarında gerilmeler vücude gelmesi mümkün olmuştur.

Yıkılmaktan kurtulan bir inşaat dolayısiyle âtideki hususlar inşaat mühendislerine bir ders ve ve ibret teşkil etmelidir.

1 — Mümkün olduğu kadar aynı sınaî inşaata birbirinden farklı temel inşaat metodları tatbik edilmemelidir.

2 — İmlâ edilen zeminler üzerine inşa edilecek sınaî inşaat yapılmadan bu zeminin muvazenet vaziyeti hakkında inceden inceye tetkikat yapılmalıdır.

3 — Med ve cezir tesirlerine mâruz kalan imlâ zeminlerinin üzerine yapılacak temellere hususî dikkatler atfolunmak lâzımdır.

4 — Zemine tecrübe kazıkları çakılmalı ve yukarıda târif edildiği veçhile her bir kazığa ayrı ayrı ve para sarfından çekinilmeden hususî bir ehemmiyet verilmeli ve bu işlerin tecrübeli ve mütehassıs mühendisler tarafından icrasına dikkat edilmelidir.

C - Devlet otomobil yollarındaki köprülerde hâdis olan çöküntüler:

Bu çöküntüler hakkında Berlin ve Münih'de 1936 senesinde vuku bulan beynelmilel dünya inşaatı taharriyat konferansında Dr. İng. Casagrande bir rapor vermiştir. Bu tetkikler münferit bırakılmıyarak devlet otomobil yolunun 15 inşaat şubesinin kendilerine mahsus birer zemin muayene daireleri vücude getirmeleri ve bu dairelerde zemin tazyikine mahsus odometre diyagramlarının tesbi tedilmeleri ve bozulmayan zemin nümunelerinin fen yolu ile nüfuz kabiliyetinin tayin edilmesi ve bu suretle husule gelecek çöküntülerin vukuundan evvel yan peşinen tesbitinin mümkün kılınması ve heyeti umumiyesinin Berlindeki merkezî bir büroda cemedilmesi hususu fevkalâde bir ehemmiyet kesbetmiştir. Casagrande'ye göre bu sınaî inşaatta pek fazla olarak husule gelen tasmanlar memleket için âtideki menafi temin etmiştir:

1 — Bütün memleket dahilinde (Almanyada) zemin üst tabakalarının tahmil ve tazyik kabiliyetinin tesbiti,

2 — Bilhesap nazarî olarak bulunan çöküntülerin hakikî çöküntülerle mukayeseleri,

3 — Yeni yapılacak köprü temellerinde daha fazla iktısadî davranılmasının mümkün kılınması.

2 ve 3 numaralı fıkralar birbirine pek bağlıdır. Zira inşaat esnasındaki çöküntüler inşaata matuf iktısadî unsurun en bariz âmilidir. Bu hususu yalnız köprü inşaatı için varit olmayıp bilcümle mühendis inşaatına da teallûk eden Casagrande'nin bildirdiğine göre Devlet otomobil yollarının zemin muayene dairelerinde faal bir rol alan mühendis ve jeologlardan zemin inşaat mihaniği fenninin ancak cüz'î bir kısmına vakıf bulunmasından bilcümle sınaî inşaat arasındaki çökme tahlilleri hakkında fennen hatâsız ve kat'î bir şekilde ikmal edilmiş bir netice elde etmek mümkün olamamıştır. Şimdiye kadar bu fenni kendi tedris grafiğine idhal eden yüksek mekteplerin adedi mahdut olduğu gibi hayatta faal bir rol alan mühendisler de bu fenni mektepte bu

hususları görmeğe bir fırsat bulamamışlardır. Buna bir de inşaat esnasında Casagrande'nin tesbit ettiği veçhile yetişmiş muavin işçilerinin fıkdanı ve devlet otomobil yollarındaki köprülerin inşaatının fevkalâde bir süratle tatbik edilmesi keyfiyeti inzimam edince fenne yarıyacak netice elde edilmesi müşkülleşmiştir.

Kitabın II inci faslından La Havre merkez istasyonunun çöküntüleri hakkında şümullü bir surette gösterilen misalde olduğu gibi Terzaghi ve Fröhlch'in nazariyelerine göre zemin sıkışmasının esasına müstenit çöküntülerin vücude gelmeden vevel peşinen tayin hususu Devlet otomobil yollarındaki sınaî inşaatın çöküntülerini hesap etmeye yaramıştır. Evvelce bu yolda bir çok misallerin vazıhan göstermiş olmasından bu hesapların burada zikrinden sarfınazar edlimiştir. Casagranda kongreye vermiş olduğu raporda işbu çöküntü hesaplarının gösterilmesine lüzum görmemiştir.

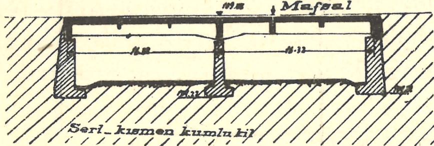
Devlet otomobil yollarında ikmal edilmiş bulunan müteaddit köprülerin çöküntü rasatları; çöküntü hesaplarile mukayese edilerek yürütülmüştür. Yukarıda söylendiği veçhile her ne kadar zemin hükmü lâboratuvar tecrübelerine müsteniden çöküntüleri peşinen tayin mümkün olmamış ise de Casagrande çöküntüler hakkındaki hesap ile rasat arasında az, çok bir mutabakat mevcut olduğunu tesbit etmiştir. Bu esnada nazariyelere müsteniden çöküntülere dair peşinen bulunan kıymetler rasat yolu ile elde edilen çöküntü kıymetlerinden daima daha yüksektir ve aralarındaki fark bazan yüzde yüz nisbetindedir.

Casagrande'nin raporunda gösterdiği 44 misalden aşağıda yalnız beş tanesi anlatılacaktır:

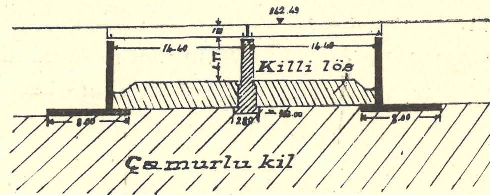
1 — 265,885 km. deki, kontrolu Hanover inşaat idaresine ait sınaî inşaat:

Şekil 78 de betonarmeden asma kirişli: Köprünün ayak temeli düz olup altında derin ve yağlı kilden mürekkep bir tabaka bulunmaktadır. Bu kilin ihtiva ettiği tane ebadının % 40/0.002 mm den daha büyüktür. İçindeki su miktarı takriben % 31 dir. Ayak ve mesnetlerin altındaki zeminin vasatî tazyiki 1.4 kg/m² dır. Bu sınaî inşaatı Haziran 1935 senesinde ikmal edilmiş ve rasat edilen çöküntülerin miktarı Nisan 1936 senesinde azamî olarak mesnetler için 54 ve ayaklar için 56 mm olarak bulunmuştur. Hesaba müsteniden bidayette tesbit edilen mecmu çökme miktarı 100-150 mm kadardır. İşbu sınaî inşaatın çöküntüleri devam etmekte olup henüz her hangi bir ârıza görülmemiştir

2 — 38,982 km de ve Dresdendeki inşaat kontrol idaresine ait sınaî inşaat şekil 79.



Şekil: 78

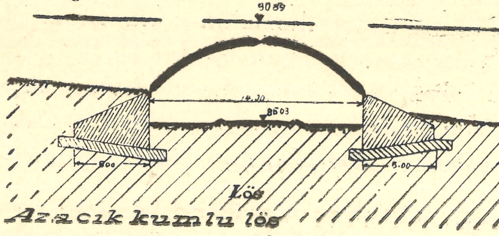


Şekil: 79

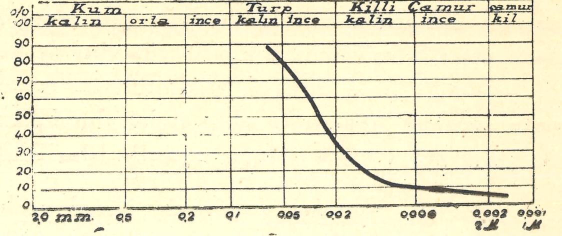
İşbu inşaat betonarmeden Urdi kirişli bir köprüde her biri 14.4 m aralıklı iki açıklığa maliktir. Köprünün temeli düz ve yumuşak plâstik ve 12 m sihana malik bir kil tabakasına oturtulmuştur. Bu kil tabakasının su muhteviyatı % 16.0—21.3, akma hududu % 29.9 — 56.3 dür. Dağılma hududu % 15.7 — 18.8, zemin tazyiki mesnetler için 1.5 kg/cm² ve ayaklar için 1 kg/cm² dır. İşbu köprü Ağustos 935 senesinde ikmal edilmiş, bilhesap çöküntüler hakkında bidayette tesbit edilen miktarlar mesnetler için 46 ve ayaklar için 25 mm dir. Son mesaha 1935 senesi Ağustosunda yapılmış çöküntüler durmuştur.

3 — 323.030 km de ve Hanover inşaat kontrol idaresine ait sınaî inşaat;

3 fasıllı kemer şeklinde açıklığı 14 m temeli düz ve çok derin bir kil tabakasına oturtulmuş köprü şekil 80 deki görülmektedir. Zemin tazyiki 2.6 kg/cm² dır. Bu köprü 1935 senesi haziranında ikmal edilmiş, 1936 senesi Nisanına kadar olan çöküntü miktarı 40 mm olarak bulunmuştur. Çöküntüler durmuştur. Arıza görülmemiştir. Şekil 81.



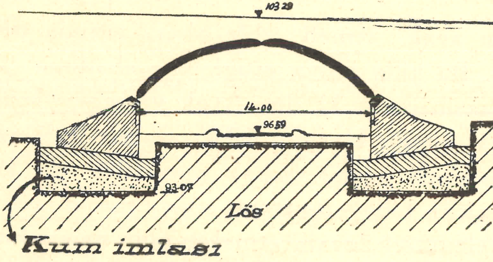
Şekil: 80



Şekil: 81

4 — 323,538 km. deki Hanover inşaat kontrol idaresine ait sınaî inşaat:

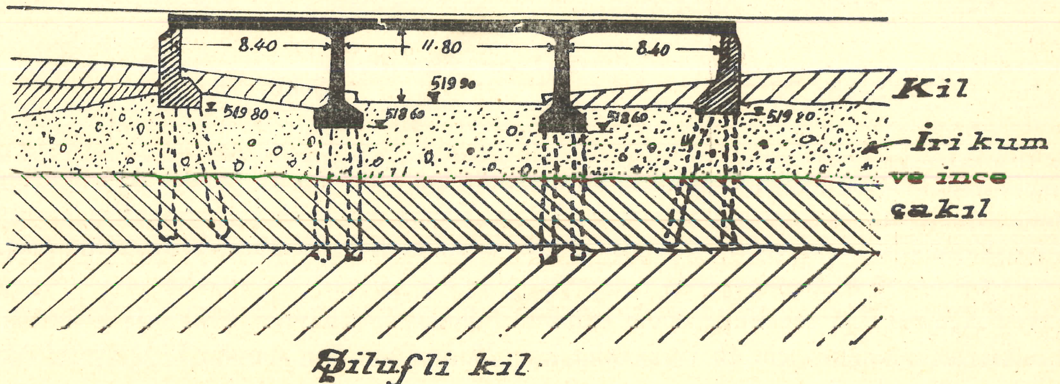
Üç mafsallı kemer köprüsü, açıklığı 14 m dir. Şekil 82 zemin tazyiki 2.6 kg/cm Temeli düz, temelin oturduğu zemin kısmen kumlu kildir. Bu köprü 1935 senesi ağustosunda ikmal edilmiş ve çöküntüleri 1936 nisanına kadar devam etmiş ve miktarı 23 mm olarak tesbit edilmiştir. Çöküntüler durmuştur. Bir ârıza yoktur.



Şekil: 82

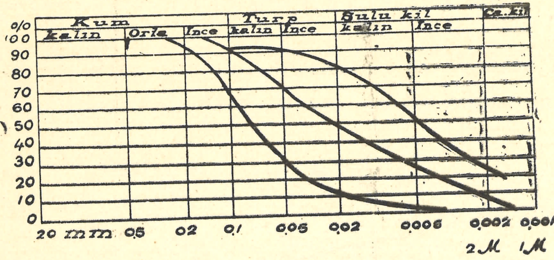
5 — 89+255 km. deki kontrolü Münih inşa at idaresine ait sınaî inşaat;

Üç açıklıklı ve betonarmeden kirişli bir köprü, ortadaki açıklık Gerber sisteminde olup kenar açıklıkları 8.40 ve orta açıklığı 11.80 m dir. Köprü temelleri Franki sistemi kazıklar üzerine oturtulmuştur. Kazıkların tulü 10 m., zeminin tazyiki mesnetler altında 1.1 kg/cm² ve ayaklar altında 1.4 kg/cm² dır. Zemin kaya, kum ve ince çakıllı olup bunun altında çamur ve çamurlu kil bulunmaktadır. Şekil 83 çamurun ihtiva ettiği tabiî miktarı % 33, akma hududu % 36 ve dağılmahududu % 27 dir. Çamurlu kilin ihtiva ettiği tabiî su miktarı % 32, akma hududu % 38, dağılmahududu % 27 dir. Bu köprü 1935 senesi kânunu evvelinde ikmal edilmiştir. Mesnetlerin hesabına müsteniden yapılan çöküntü miktarı 120 mm, ayakların 90 mm dir. 1936 senesi Nisanına kadarhakikat halde vukua gelen menetlerdeki çöküntü miktarı 125 mm ve ayaktaki çöküntü miktarı 60 mm olarak tesbit edilmiştir. Bu inşaatın çöküntü



Şekil: 83

sü deva metmektedir Şekil 84, bu köprüye ait temel malzemesinin elek münhanisi ve şekil 85 dahi zaman ile gerek bilhesap, gerek rasat tarikiyle elde edlen köprünün ayak ve mesnetlerinin çöküntü münhanilerini göstermektedir.

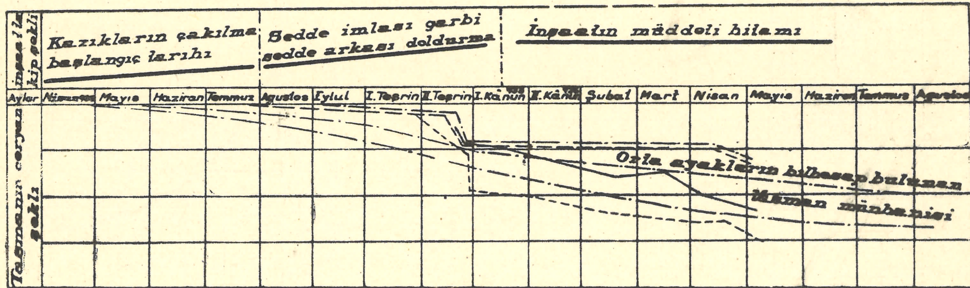


Şekil: 84

Casagrande kendi raporunda bu yolda 44 muhtelif köprü inşaatına ait ve Geoteknik esasına müstenit malûmat vermiş olup bu malûmatın neti celerini 5 cetvel halinde ifade etmiştir. Bu cetveller sayesinde Devlet otomobil yollarındaki köprü in saatındaki zeminin çöküntüsü esasına müstenit bir fikir edinilmiş olur.

a) Viyanalı mühendis Fischer'e göre sınaî inşaat çöküntülerinin peşinen tesbi tedilmesi usulü.

Bu kitabın 11 inci faslında mufassalan anlatıl dığı veçhile bir inşaattan zuhuru beklenen çökün tüler en çok tahmil edilen zemin sathının ebadına tâbidir. Yukarıda gösterilen her iki misalde mu- ayyen bir sınaî inşaatın tasmanlarının yalnız ebadı muayyen olan bir temel sathının zamana olan tebâiyeti gösterilmiştir. Tahmil tecrübelerinde tah mile arzedilen satıh, bilâhare bütün inşaatın yükü altında kalacak satha nisbetle pek küçük olduğun dan tahmil tecrübelerinden elde edilecek neticede behemehal tahmil sathı ebadının da çöküntüye ic ra ettiği tesiri nazarı dikkate almak lâzımdır. Hatâ- lara düşmemek için bu hususun elde edilecek net icelerde göz önünde bulundurulması lâzım gelir.



Şekil: 85

Çöküntülerin gerek tecrübe neticelerine gerek takribî hesaplara müsteniden bir taraftan tahmil edilen sathın eb'adına, diğer taraftan da sathın şekline tâbi olduğunu ve bu hususun hesabı için Vi- yanalı mühendis Fischer tarafından 63, 63a, 63b, 63c sayılı muadelelerin muteber olduklarını gör- dük. Yapmış olduğumuz amelî sahalardan bazı misallerin aşağıya dercini münasip gördük.

Şekil 86 da 35 m irtifaındaki bir fabrika bacasının temeli açıldığı esnasında temel çukurunda temelde fazla kil ile karışık kırma taşlı bir tabakaya rsatlanmıştır. Yan tarafta mevcut bir binadan dolayı temele kazık çakmak mevzuubahs olamazdı. İktısadî mülâhazaya binaen temeli daha derine indirmekten sarfınazar edilmiş ve temelin kırma taş üzerine oturtulmasına karar verlimiş, ancak ze- min tazyikinin az olmasına çalışılmıştır. Temel çukurunun muhtelif 4 mahalde tazyik tecrübeleri ic- ra edilmiştir. Bu tecrübelerin tasman diyagramları şekil 86a da gösterilmiştir. Temel olarak 5.20 m dılında ve 1.00 m kalınlığında dökme betondan seri şeklinde levhalar konulmuştur. Tecrübe sathı 20×20 cm idi. Bilhesap bulunan zemin tazyik miktarı 0.82 kg/cm^2 dır. 93a sayılı muadele- ye nazaran çöküntü; murabbaı dıl'ın tulü ile müstakimen çoğalmaktadır. Bu meselede tecrübe sathı ile temel arasındaki çökme nisbeti dılıların tulünden elde edilebilmişti. Yani:

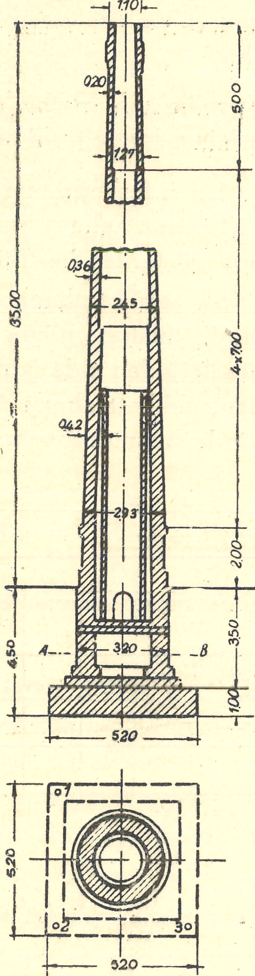
$$n = \frac{520}{20} = 26$$

Temel tecrübesinin p = 0.82 kg/cm²için tasman diyagramı mucibince s_1 = 0.05 cm lik bir çöküntü vermiştir. Bina sihanından beklenen çöküntü ise: $s_1 = n. s_1$

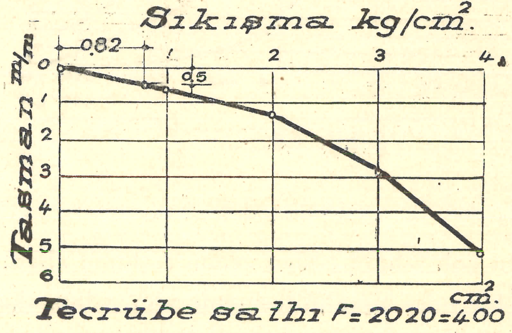
yani:

$$s = 26 \times 0.05 = 1{,}3 \frac{\text{cm.}}{} \text{ dir.}$$

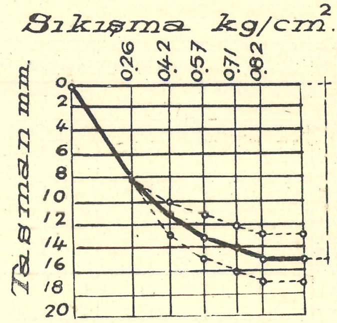
Tasmanın kontroluna bacanın duvarı örülürken başlanılmış ve temel zemininin tazyiki her bir hal için ayrı ayrı hesap edilmişti. Temelin üç kenar noktasında betona çakılan cıvataların yardımı ile



Şekil: 86



Şekil: 86 a



Şekil: 87

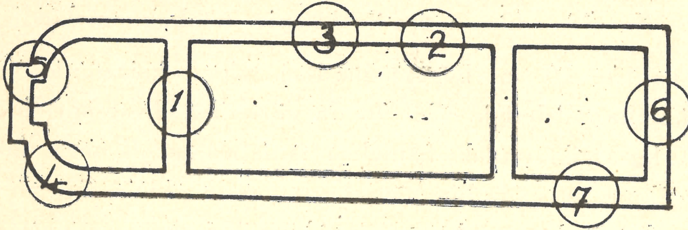
inşaatın hitamında elde edilen mesaha neticeleri şekil 87 de gösterilmiştir. P = 0.82 kg/cm² olduğuna göre ölçülen çöküntü miktarı S = 1.45 cm olarak bulunmuştur. Bu miktar ise yukardaki bulduğumuz 1.30 cm ye yaklaşmaktadır.

III. Amelî Misaller

Ç - Ankarada inşa edilen iki kulenin temelleri hakkında icra edilen zemin muayeneleri.

Türkiye Cümhuriyeti hükûmetinin merkezi olan Ankaradaki demir yol istasyonu ile Ankara şehrine mahsus içme suyu filtre istasyonu binalarında iki adet kule inşaatı projeleri mucibince mevkii tatbika konulmuştur. Her iki kulenin temel hususunda gösteridkleri fena zemin vaziyeti birbirine müşabih idi. Bu sebepten dolayı Vekâlet tarafından müteahhitliğe mahallinde zemin hakkında iptidaî tetkikler icrasını ve bu tetkiklerin zemin muayene usullerine müsteniden grafiklerle mücehhez bir raporla bildirmesi emredilmişti. Tetkikatımıza istasyonun gazino binası kulesinden başlanmıştır. Bu kuilenin projesi mucibince 4.45×4.65 m ebadında bir satıh üzerinde irtfiaı satıh zeminden 30.50 m mürtefi olarak inşası tekarrür etmişti. Bu kulenin içine 8 katlı ve betonarmeden masif bir merdiven inşası ve bu merdiven ile 8 katın döşemelerinin nâfi hamulesi 500 kg/m² olarak hesap edilmişti. Kulenin zatî sıkleti ile nafi sıkletinden husule gelen umumî hamule sıkletinin 1300 ton olarak alınması muvazenet hesabı için esas ittihaz edilmişti.

Mahallî inşaat kontrol heyeti temelin inşaat şekli üzerinde müteahhitle mutabık kalamadığından (yani inşaata mütemadî bir betonarme levha veyahut betonarme kazıklar üzerine oturtulmuş derin bir temel inşası hususunda ademi ittifaklarından) dolayı projede kale alınan kulenin şayanı tecviz zemin gerilmeleri hakkında hakikî neticeler alınması ehemmiyet kesbetmşitir. Yapılan muayeneler neticesinde buradaki inşaat zemininin azıcık kumla karışık kilden ibaret olduğu tesbit edilmiştir. Bu zemin epiyce su ihtiva etmekte idi.

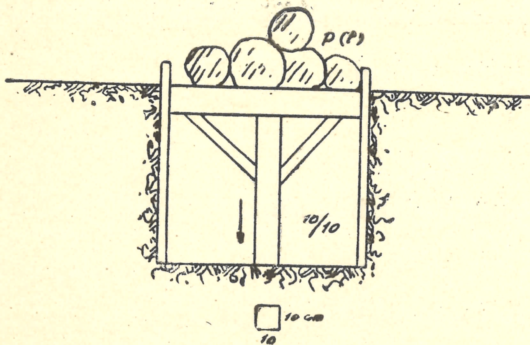


Şekil: 88

Zemin muayeneleri ilk önce kompresimetre ile icra edilmşitir. Bu muayene neticeleri aşağıdaki 10 numaralı cetvelde gösterilmiştir. Muayene edilen 1 - 7 numaralı noktaların vaziyetleri şekil 88 deki plânda gösterilmiştir.

Azamî çökme mkitarı olan asgarî 5.8 cm, ve zemin tazyiki bu kitabın birinci faslındaki 22 sayılı muadeleye tevfikan şöylece elde edildi:

$$\sigma_z = \frac{8.0}{5.8} = 1.38 \ kg/_{cm^2}$$



Şekil: 89

Kitabımızda birinci fasılda gösterilen 20 sayılı şekil mucibince zemin tazyikinin % 20 si tenzil edildikte kabili tecviz zemin tazyikinin kıymeti nihaî olarak şu kıymete varır·

$$1.38 - \% \ 20 = 1.10$$

Emniyetli davranılmak üzere zemin muayeneleri kompremetreden maada müşterek âlet ile de tekrar edilmiştir. Evvelce bildirildiği veçhile bu husustaki muayeneler statik hamulelerle icra edilir. Bu misalimizde 4 mm lik azamî bir çökme ile husule gelen zemin hudut tazyiki 3.480 kg/cm² olarak ölçülmüştü. Bu miktar; 15 sayılı muadele mucibince 4 mm miktarındaki azamî tasmanı tevlit eden

Cetvel: X.
Kompresimetre vasıtasile ölçülen tasmanlar

Nokta No.	1.— kum + kil	2.— kum + kil	3.— nemli kil	4.— Islak kil	5.— Islak kil	6.— nemli kij	7.— kum + kil
	42 m/m	25 m/m	32 m/m	58 m/m	30 m/m	25 m/m	15 m/m
	47 »	37 »	46 »	45 »	35 »	—	—
	—	23 »	—	45 »	—	—	—
	—	45 »	—	55 »	—	—	—
	—	35 »	—	45 »	—	—	—
Vasatî	45 m/m	35 m/m	40 m/m	50 m/m	32 m/m	25 m/m	15 m/m
Gerilme $kg/_{cm^2}$ (22) ye göre	1.800	2.280	2.000	1.600	2.500	3.200	5.300

hamulenin 10 ile taksimi suretile elde edilir. Buna ait mesaha protokolu 11 numaralı cetvelde münasip bir şekilde gösterilmiştir. Bu suretle zemin tazyiki hakkında elde edilen hudut kıymetinin şayanı tecviz zemin tazyiki elde etmek için arzu edilen emniyet emsalile taksimi icap eder. Emniyet emsali n = 3 olarak kabul edildikte tecviz edilen gerilme miktarı şu kıymeti iktisap eder.

$$\sigma_{tecviz} = \frac{3.480}{3} = 1,116 \ kg/_{cm^2}$$

Bu hudut kıymeti evvelce kompremetre ile elde edilen netice ile de epice tetabuk etmektedir.

I ve II numaralı temel zemin noktalarına 10×10 cm büyüklüğündkei tahmil kaidelerile ve zemine doğrudan doğruya tatbik edilen tecrübe hamuleleriyle şekil 90 da gösterilen diyagram elde edilmiştir. Her iki münhani evvelâ yani 200 kg miktarındaki hamuleyi tamamlamadan önce düz bir hat teşkil etmiştir. Bu esnada hamule ile çökme arasında bir münasbeet mevcut olduğu anlaşılır. Burada müteakip münhanile rdüz hattan uzaklaşmakta olduklarından çöküntülerin hamulelerden daha süratle büyümekte oldukları anlaşılmaktadır. Bundan; doğrudan doğruya tatbik edilen bir hamu le ile yapılan bir tahmil tecrübesinin ancak tecvizhamulesine müstenit olan zeminlerde tazyikin mü mkün olduğu anlaşılır.

Dr. Fröhilch'e göre âtideki zeminler hakkında esas emsal tesbit edildiği takdirde zemin tazyik hududu hesap yolu ile tesbit olunabilir. İşbu esas kıymetler şunlardır:

Zemin tanelerinin izafî sıkleti: γ_k

Mesahat dahilindeki mayiin izafî sıkleti: γ_F

Zemin mesahat hacmi (yani vahit hacmin ihtiva ettiği boşluk hacmi) n

Dahilî delkitemas zaviyesi, φ_r

Misal olarak su ihtiva eden killi zemini kale alalım; bu zeminde

$\gamma_k = 2000 \ kg/_{m^3}$; $p_k = 2 \ t/_{m^2} = 2000 \ kg/_{m^2}$

$\gamma_P = 1000$ » ; $n = 0,20$

ve $\varphi_r = 35°$

olduğundan temel t = 2.00 m derinliğinde yapılacak olursa o vakit kenar hamulenin kıymeti şu formülü ile elde edilir:

$$q_{t,R} = \frac{\pi \, [(\gamma_k - \gamma_F)(1-n).t + p_k}{\cot g \, \varphi_r - \left(\frac{\pi}{2} - \varphi_r\right)} = \frac{3.14 \, [1600 \times 0.80 \times 2 + 2000]}{1.428 - \left(\frac{3.14}{2} - 0.611\right)}$$

$$= 30500 \ kg/_{m^2} = 3,05 \ kg/_{m^2}$$

Cetvel: No. XI

Tahmil protokolunun şekli .
İnşaat mahalli : Ankara istasyonu

Rapor numarası ;

Tecrübe mahalli ; gazinonun kule temeli

Muayene edilen nokta, numarası ;

Zeminin cinsi ; kumlv kil, sulu

Azamî çökme ; 4 mm.

Emniyet emsali ; 3 = n

Tecrübe tarihi hava vazizeti ; 17/9/925, hava güneşli

Müddet		Hamule kg			Çökme İleri işarı
Saat	Dakika	Sabit	Munzam	Mecmuu	5× ibre kıraati
12	15	3,8	3.00	6.80	2 m/m
12	20	»	1.00	7.80	5 »
12	25	»	0.50	8.30	5.1 »
12	30	»	0.50	8.80	5.5
12	35	»	1.00	9.80	5.6
12	40	»	2.00	11.80	6.1
12	45	»	2.00	13.80	7.0
15	10	»	—	13.80	7.5
15	10	»	2.00	15.80	8.0
15	20	»	2.00	17.80	8.1
15	30	»	2.00	19.80	9.0
15	35	»	2.00	21.00	9.5
15	40	»	2.00	23.80	10.0
15	45	»	2.00	25.80	11.0
15	50	»	2.00	27.80	12.0
15	55	»	2.00	29.80	13.0
17	30	»	2.00	31.80	17.0
Tecrübe tarihi 18/9/1935					
8	10	3/8	—	31.80	12.5
8	20	»	0.50	32.30	19.0
8	30	»	0.50	32.20	19.1
8	40	»	5.50	33.30	19.1
8	50	»	0.50	33.80	19.1
9	00	»	0.50	34.30	19.5
13	15	»	0.50	34.80	20

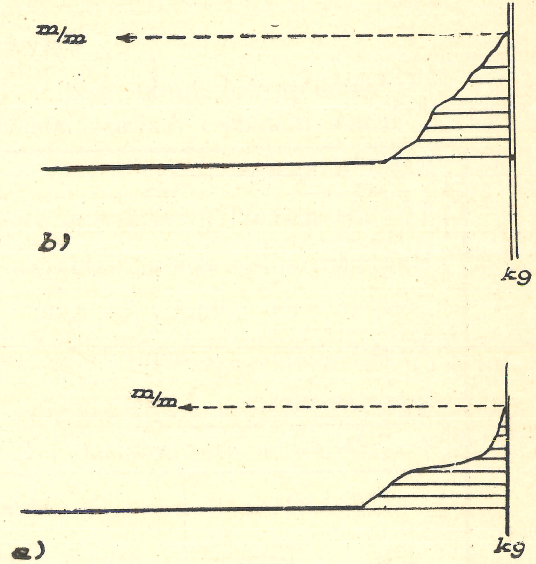
Tecrübeye göre zemin tazyiki.
Kabul edilen kabili tecviz tazyiki hududu : 3,490 $kg/_{cm^2}$

Tecrübe yapan zatın imzası ;

Burada tarif olunan 3 çeşit zemin muayenelerine, yani komprometre Stern âleti ve doğrudan doğruya tahmil usulü ile yapmış olduğumuz tecrübelere nazaran en şayanı itimat muayene usulünün Stern metodu olduğundan bu usulün tatkiki şayanı tercih görülür. Çubuk barajından alınan suyu en modern usulde inşa edilen seri filtre tesisatı ile temizliyerek Ankara şehrinin içme suyunu temin için vücude getrilen yeni filtre istasyonu kulesinin yukarıda tarf ettiğimiz gazino kulesine nazaran temeli tamamile kuru bir kil tabakası üzerinde bulunmaktadır. Bu keyfiyet diğerlerine nisbeten çok müsaittir. Burada yapılan zemin muyaenesi şümullü ve yalnız Stern âleti ile icra edlimiştir. Muayene edilen muhtelif noktalar hakkında elde edilen neticeler şekil 91 deki diyagramda tersim edilmiştir. Bu husustaki protokolun 9 numaradaki cetvelden başka bir yenilik göstermiyeceği cihetle kitaba yazılmasından sarfınazar edilmiştir.

Yukarıda gösterilen misaller; temel projesinin intihabı hakkında bu gibi zemin muayenelerinin haiz oldukları ehemmiyet ne kadar büyü olduklarını göstermeye matuftur.

Bu hususta sarfedilen meblâğ bilâhare inşaat temelinin çökmesinden husule gelen çatlaklıkların tevlit edecekleri masrafa nisbeten pek cüzî olmakla beraber ekseriya tasmandan husule gelen çatlaklıkların tamir ve ıslahatın gayrı mümkün bir hale gelmesi dahi varit olup bu husus hakkında inşaatı yapan mühendislerin inşaata girişmeden evvel temel hakkında vâki bir fikir elde ederek kat'î bir karar vermeleri lâzımdır.



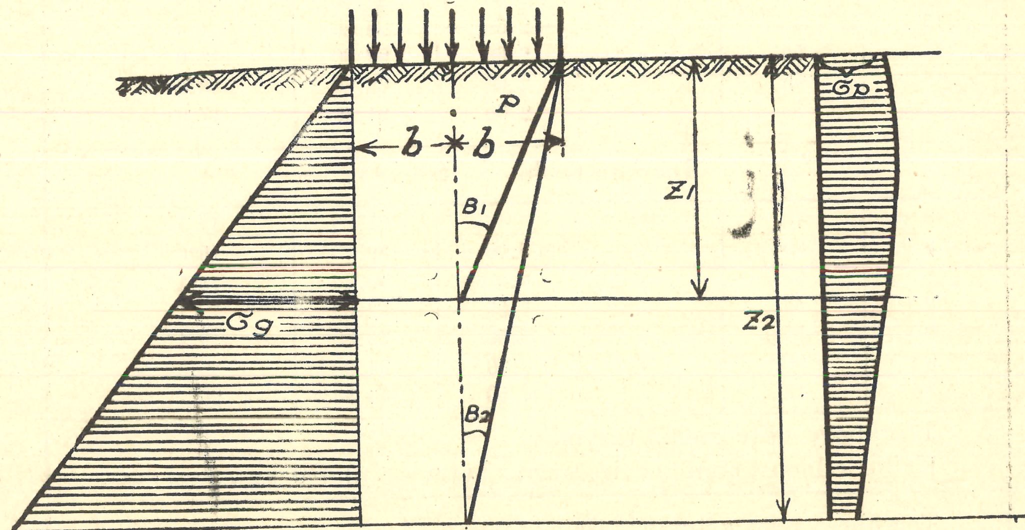
Şekil: 91

4 üncü Fasıl

Fazla derinlikte bulunan tabakaların tasmanı hesabı yolu ile tesbiti:

(Dr. F. Kannin bulduğu takribî usul)

Bazan lüzumuna binaen daha derinde bulunan tabakaların tasmanlarının bilinmesi istenir. Meselâ: temelleri derinde olan kazık veya keson üzerine oturtulacak inşaatta mevzuubahs olabilir. Bu esnada kazıkların ucu ve kesonların alt kenarlarının oturduğu zemin tabakalarının maruz kaldığı gerilmelerin miktarı bilinmek icap eder.



Şekil: 92 — Tasman hesabı.

Binaenaleyh mütesaviyyen tevzi edilmiş p miktarındaki bir hamuleden mütevellit daha derinde bulunan tabakalarda sıkletten dolayı vücude gelen çöküntülerin hesabı mevzuubahs olduğunda 8 sayılı muadeledeki:

$$\Delta = \frac{1}{B} \left(1 + \frac{\sigma_p}{\sigma_g}\right)$$ ifadesinde

$\left(1 + \frac{\sigma_p}{\sigma_g}\right)$ kıymeti yerine takribî olarak $\frac{\sigma_p}{\sigma_g}$ alınabilir. Zira σ_g, p miktarındaki hamuleden dolayı ve zeminin zatî sıkletinden dolayı ve her ikisi de zemin sathından 2 derinliğinde husule gelen gerilmeleri ifade eder. 9 sayılı muadele en gayrı müsait şartlar dahilinde σ_p, $\frac{1}{2}$ σ_g den büyük olmadığı takdirde yüzde 22 den fazla bir hatâyı irtikâp etmeksizin şayanı tatbiktir. Bu husus ise derinde bulunan tabakalar için her vakit şayanı tatbiktir. Bu faraziyeye istinaden şu muadele yazılabiilr:

$$\frac{\sigma_p}{\sigma_g} \leqq \frac{1}{2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots . \quad (1)$$

Bu muadeleye müsteniden âtideki formüller istihraç olunabilir.

$(1+X)$ tâbii logaritmanın ifadesini $(x \leqq 1)$ için bir silsile halinde tevsii mümkündür. Ve silsilenin yüksek esasları nazarı itibara alınarak

$$\ln(1 + x) = x \quad \ldots\ldots\ldots\ldots . \quad (10)$$

yazılabili.r

Bu formülden elde edilen netice büyüktür. Yani yürütülen hesap ziyadesile gayrı müsaittir. Bundan elde edilen çöküntülerin miktarı yüksektir. Neticede $X = 0.5$ olduğunda fark % 22 dir.

$X = 0.22$ olduğunda fark % 10 dur.

Bundan dolayı ilk muadeleyi:

$$\Delta = \frac{1}{B} \ln\left(1 + \frac{\sigma_p}{\sigma_g}\right) = \frac{1}{B}\left(\frac{\sigma_p}{\sigma_g}\right) \quad \ldots\ldots\ldots . \quad (11)$$

şeklinde yazabiliriz.

Ve $\sigma_g = \gamma \cdot z$ muadelesine göre ve mütesaviyen intişar eden şeritvari hamuleler için şu muadeleler yazılabilir:

$$\sigma_p = \frac{2\,p}{\pi}\left[\beta + \sin\beta\cos\beta\right] \quad \ldots\ldots\ldots . \quad (12)$$

ve

$$\beta = \text{asctg}\ b/_z \ ; \ \sin\beta\cos\beta = \frac{b\ z}{b^2 + z^2}$$

ve

$$\sigma_p = \frac{2p}{\pi}\left[\text{arctg}\ \frac{b}{z} + \frac{b\ z}{b^2 + z^2}\right] \quad \ldots\ldots\ldots\ldots . \quad (13)$$

bundan

$$\frac{\sigma_p}{\sigma_g} = \frac{2p}{\pi\gamma}\left[\frac{1}{z}\ \text{arctg}\ \frac{b}{z} + \frac{b}{b^2 + z^2}\right] \quad \ldots\ldots\ldots . \quad (14)$$

ve

$$\Delta = \frac{1}{B}\frac{2p}{\pi\gamma}\left[\frac{1}{z}\operatorname{arctg}\frac{b}{z} + \frac{b}{b^2+z^2}\right] \quad \ldots\ldots\ldots \quad (15)$$

6 numaralı muadeleye göre bu kitabın 11 inci faslında a misalinde gösterildiği veçhile birbiri üzerine oturan müteaddit tabakaların çöküntüleri nokta halinde bir şematik yekûnu ile elde edilebilir, yani:

$$\Delta\, d\, z' = \frac{\Delta\, d\, z}{1+\varepsilon_m}$$

$$s = \int \Delta\, dz' \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (16)$$

yani 15 numaralı muadele nazarı itibara alındığında şu kıymet elde edilir:

$$s_{\Delta h} = \frac{2\,p}{B\,\pi\,.\,\gamma\,(1+\varepsilon_m)} \cdot \int_{Z_1}^{Z_2}\left[\frac{1}{z}\operatorname{arctg}\frac{b}{z} + \frac{b}{b^2+z^2}\right] dz \quad \ldots \quad (17)$$

Bu tamamiyi halledebilmek için bir faraziye yapmak isteriz. Bu faraziye mevzuubahs tabakaların altındaki temel kaidesinin fazla büyücek olmasından ibarettir. (Şekil 62-63) ve kitabın üçüncü faslında a sayılı misalindeki ifadelerle şunu yazabiliriz.

$$\operatorname{tg}\beta = -\frac{b}{s} \leqq 1$$

Veyahut:

$$\beta \leqq 45^\circ$$

Bundan sonra artcg — için silsile ile tevsi halinde yüksek hesaplar nazarı itibara alınmaksızın ve nihayet aradaki basit ve kıymetsiz hesapları terketmek suretile şu ifade elde edilir:

$$s_{\Delta h} = k\left(\frac{\pi}{2} - \beta - \operatorname{tg}\beta + \frac{1}{q}\operatorname{tg}^2\beta - \frac{1}{25}\operatorname{tg}^5\beta\right)_{\beta_1}^{\beta_2} \quad \ldots\ldots \quad (18)$$

Veyahut:

$$s_{\Delta h} = k\left[(\operatorname{arctg}\beta_1 - \operatorname{arctg}\beta_2) + (\operatorname{tg}\beta_1 - \operatorname{tg}\beta_2) - 0.111\,(\operatorname{tg}^3\beta_1 - \operatorname{tg}^3\beta_2) + 0.040\,(\operatorname{tg}^5\beta_1 - \operatorname{tg}^5\beta_2\right] \quad \ldots\ldots \quad (19)$$

Bu formülde sabit k miktarı şu formül ile tesbit edilir.

$$k = \frac{2\,p}{B\,\pi.\ \gamma.\ (1+\varepsilon_m)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (20)$$

$\operatorname{tg}\beta$ nın beşinci derecedeki vukuları bir hatâ irtikâp olmaksızın terkolunabilir.

Rakamlara müstenit mukayeseli hesaplar:

Yukardaki takribî formüllerin neticelerinin doğruluğu hakkında Gölbaşı seddesinin 4 ve 7 numaralı profillerin eait işbu yeni muadeleye müsteniden bulunan çöküntülerini miktarlarile bir mukayese edelim.

4 m kalınlığında ve zemin sathının 16-20 m derinde bulunan bir tabaka çöküntü miktarlarını arayalım.

Profil: 7

$$p = {}^2/_3\ q_{max} = {}^2/_3 \times 1.15 = 0.77\ kg/_{cm^2} = 7.7\ t/_{m^2}$$

(Faslı zait yerine mütesaviyen münteşir şeritvarî bir hamule kabul olunmuştur. Cetvel IX. a müracaat).

$$\gamma = 1.4\ t/_{m^3} \quad ; \quad B = 20$$

20 sayılı muadelenin suretindeki k kıymeti kitabın faslı IIIa gösterildiği veçhile: $1 + \varepsilon_m = 1$ konulduğunda

$$k = \frac{2\ .\ 77}{20\ .\ 3,14\ .\ 1,4} = 0.175\ \overline{m} \qquad \text{olur.}$$

β kenar zaviyesinin kıymetleri şöylece olur:

$$z = 16\ \overline{m} \ ; \ \beta_1 = 36°.30' \ ; \ \text{arctg}\ \beta_1 = 0.637 \ ; \ \text{tg}\ \beta_1 = 0.740$$

$$z_2 = 20\ \overline{m} \ ; \ \beta_2 = 30°.30' \ ; \ \text{arctg}\ \beta_2 = 0.532 \ ; \ \text{tg}\ \beta_2 = 0.589$$

$$\text{tg}^3\ \beta_1 = 0,402 \qquad \text{tg}^5\ \beta_1 = 0,2219$$
$$\text{tg}^3\ \beta_2 = 0,2040 \qquad \text{tg}^5\ \beta_2 = 0,0709$$

Bu kıymetlerle 19 sayılı muadeleye göre şu kıymetler elde edilir:

$$s_{16-20} = 0.175\ (0.105 + 0.151 - 0.111 \times 0.2009 + 0.040 \times 0.1510)$$

$$= 0.175 \times 0.240 = 0,042\ \overline{m} = 4,2\ \text{cm}$$

Buna müşabih çöküntü miktarı Dr. Grünere göre 61 numaralı resimde gösterilen grafik usulü ile hasıl olan sathın Δ dz zeminden 16 veya 20 m arasındaki mesafelerde çöküntülerin mıktarı s = 4,6 cm olarak bulunmuştur. Şu hale nazaran aradaki fark % 10 raddesindedir.

Profil: 4

$$p = \frac{2}{3}\ q_{max} = \frac{2}{3}\ .\ 0,81 = 0,54\ kg/cm^2 = 5,4\ kg/cm^2$$

(IX) numaralı cetvelde müracaat): $\gamma = 1,4\ t/_{m^2}$; $B = 20$

$$k = \frac{2 \times 5,4}{20 \times 3,14 \times 1,4} = 0.123\ \overline{m}$$

Kenar zaviyelerin kıymetleri şöyle bulunur:

$$z_1 = 16\ \overline{m} \ ; \ \beta_1 = 28° \ ; \ \text{arctg}\ \beta_1 = 0.489 \ ; \ \text{tg}\ \beta_1 = 0,532$$

$$z_2 = 20\ \text{»} \ ; \ \beta_2 = 23° \ ; \ \text{arctg}\ \beta_2 = 0.401 \ ; \ \text{tg}\ \beta_2 = 0,425$$

$$\text{tg}^3\ \beta_1 = 0.1506 \ ; \ \text{tg}^5\ \beta_1 = 0.0426$$
$$\text{tg}^3\ \beta_2 = 0.0768 \ ; \ \text{tg}^5\ \beta_2 = 0.0139$$

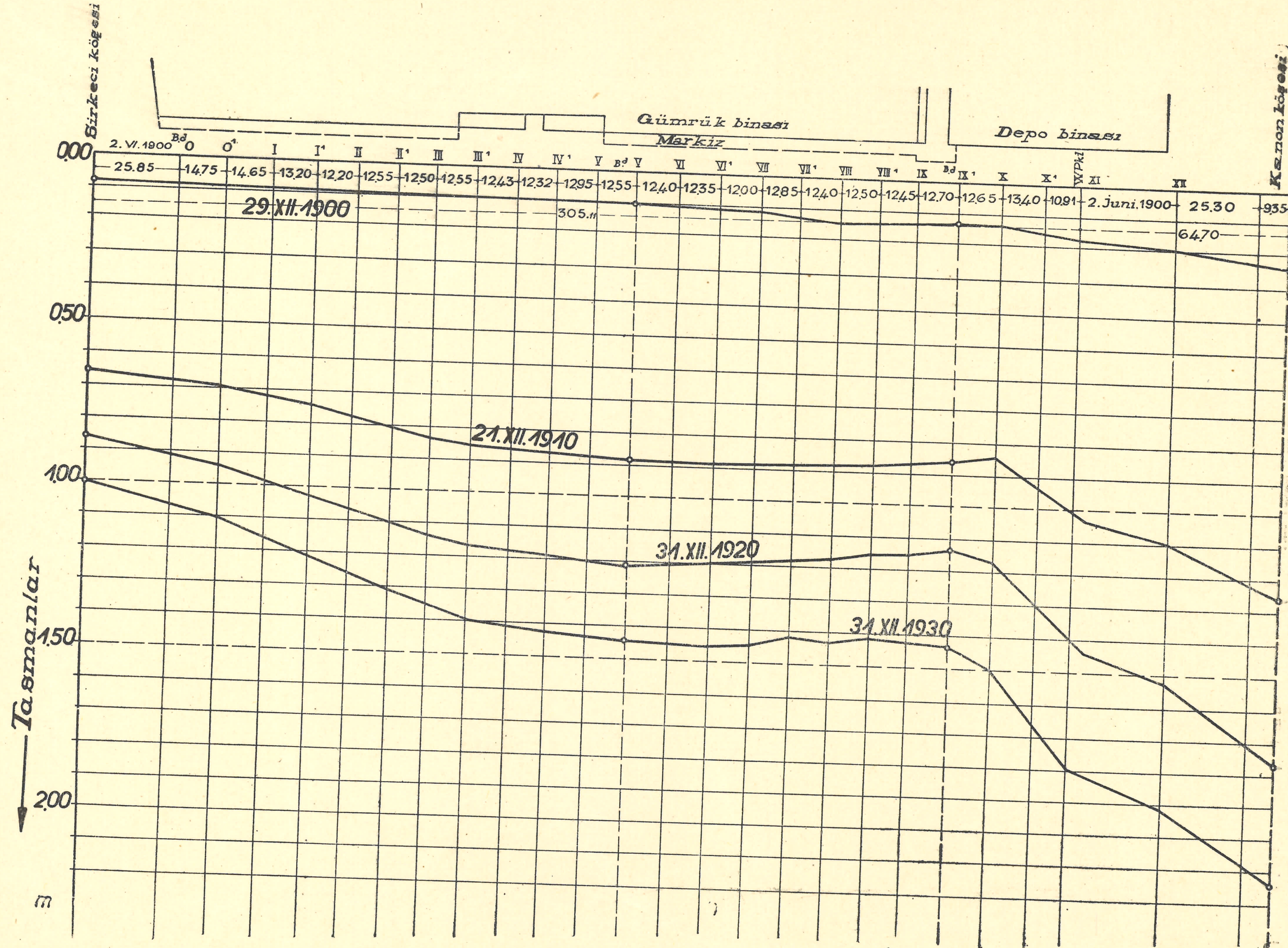
(19) sayılı muadeleye göre de:

$$s_{16-2} = 0.123\ (0.085 + 0.107 - 0.111 \times 0.0738 + 0.040 \times 0.0287)$$

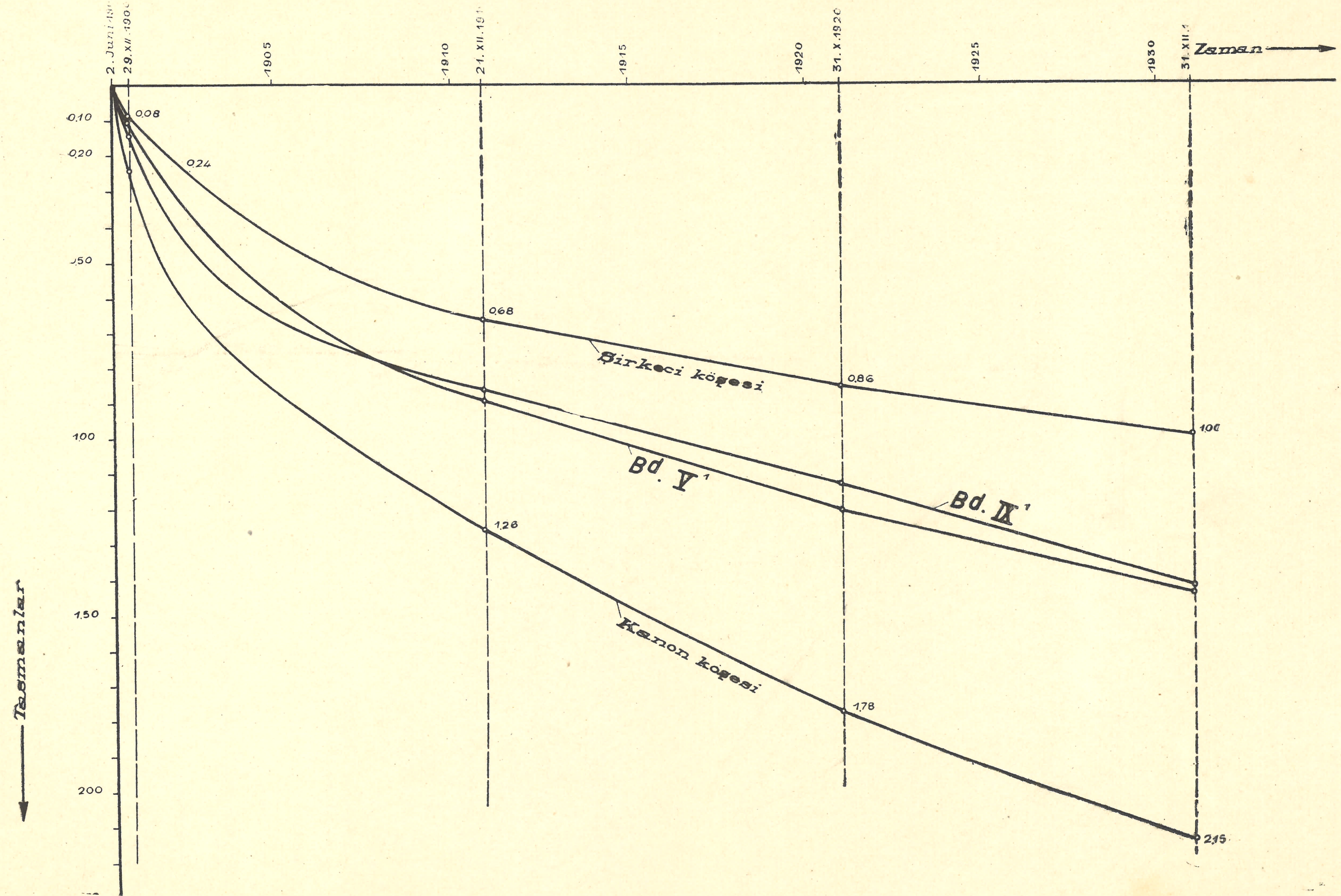
$$= 0.123 \times 0.118 = 0.0231^{m} = 2,31\ \text{cm}$$

(62) sayılı muadeleye göre Δ dz sathının hesabında bu miktar s = 2.8 olarak bulunmuştur ki aralarındaki fark yüzde 20 den ibarettir.

Şekil : 93 İstanbul Rıhtımının Mevkii — Tasman Kurpları

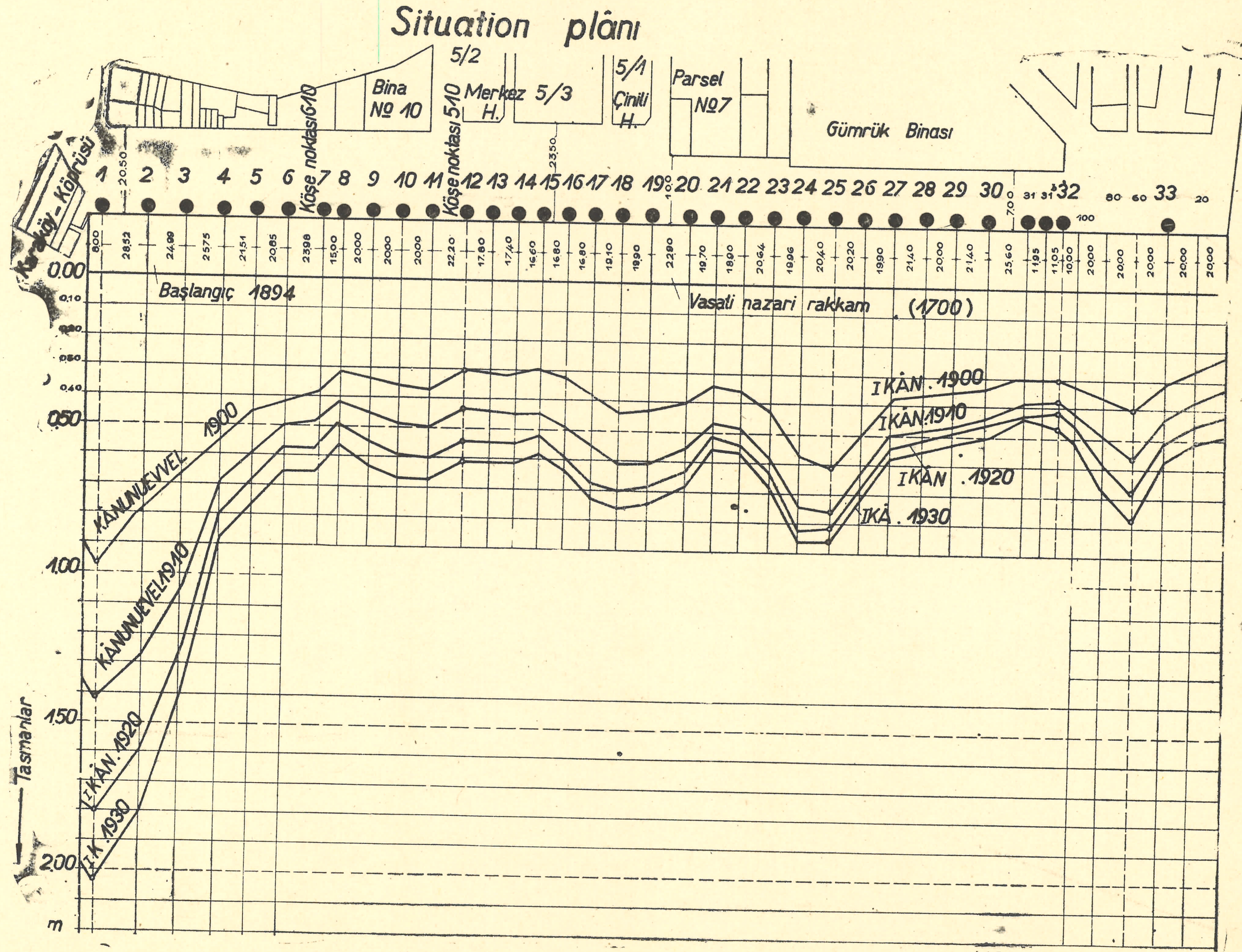


Şekil : 94 İstanbul tarafındaki Rıhtımın zamana göre tasman münhanisi





Şekil : 95 İstanbul Galata tarafındaki rıhtım dıvarı mevzii tasman münhanileri



Şekil : 96 İstanbul Rıhtımının Galata tarafındaki zaman — tasman münhanileri

